



**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος  
Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε σύμπραξη  
με το Τμήμα Αυτοματισμού του Τ.Ε.Ι. Χαλκίδας**

**«ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΙΣ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ, ΣΤΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΚΜΗΧΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ»**

***Μεταπτυχιακή διατριβή***

***«Διερεύνηση της παραγωγικότητας και αποτελεσματικότητας χρήσης νερού  
καλλιέργειας πιπεριάς σε διχτυοκήπιο»***



***Ονοματεπώνυμο: Νικολάου Η. Χρύσα***

***Επιβλέπων Καθηγητής: Κατσούλας Νικόλαος***

***Βόλος 2012***

***«Διερεύνηση της παραγωγικότητας και αποτελεσματικότητας χρήσης νερού  
καλλιέργειας πιπεριάς σε διχτυοκήπιο»***

***Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή***

Κατσούλας Νικόλαος	(Γεωργικές Κατασκευές με έμφαση στα θερμοκήπια, Επίκουρος Καθηγητής ΠΘ)
Γέμτος Θεοφάνης	(Γεωργική Μηχανολογία, Καθηγητής ΠΘ)
Μπαρτζάνας Θωμάς	(Γεωργική Μηχανική, Κύριος Ερευνητής ΚΕΤΕΑΘ)

## *Ευχαριστίες*

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επίκουρο Καθηγητή κύριο Κατσούλα Νικόλαο, επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής μου διατριβής, που ήταν αρωγός αυτής μου της προσπάθειας και η υποστήριξή του τόσο στο πειραματικό όσο και στο θεωρητικό μέρος αυτής της εργασίας ήταν πολύ σημαντική. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Κίττα Κωνσταντίνο, Διευθυντή του Εργαστηρίου των Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κυρίους Γέμτο Θεοφάνη Καθηγητή Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και Μπαρτζάνα Θωμά Κύριο Ερευνητή του ΚΕΤΕΑΘ, για την συμμετοχή τους στην Τριμελή Επιτροπή εξέτασης της διατριβής αυτής.

Αξιόλογη ήταν η βοήθεια του συναδέλφου και υποψήφιου διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών κ. Ρηγάκη Νικόλαου, στην πραγματοποίηση του πειραματικού μέρους αυτής της διατριβής, καθώς επίσης και της συναδέλφου μεταπτυχιακής φοιτήτριας Κάνδηλας Άννας

Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία Agroplast, Αφοί Κατσικωστή Α.Ε. για την προσφορά των διχτυών σκίασης. Καθώς επίσης και τις εταιρείες Hellanco και Plantas, και ιδιαίτερα τον κ. Καρελά Δημήτρη για την προσφορά των φυτών πιπεριάς. Για την επίτευξη του πειράματος, πολύ σημαντική κρίθηκε η παραχώρηση από το ΚΕΤΕΑΘ των διχτυοκηπίων, όπου έχουν εγκατασταθεί στο αγρόκτημα στο πλαίσιο συνεργασίας με το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα όσους ήταν κοντά μου κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας και με βοήθησαν. Την οικογένεια μου, που στήριξαν αυτή μου την προσπάθεια με την αγάπη, την υπομονή και την πίστη τους σε μένα, καθώς και τον σύντροφό μου που ήταν πάντα δίπλα μου σε ό,τι κι αν χρειάστηκα για την εκπόνηση αυτής της διατριβής.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η υψηλής εντάσεως ηλιακή ακτινοβολία και οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν είναι ιδιαίτερα ζημιογόνες για τις καλοκαιρινές καλλιέργειες και κατ' επέκταση και για τον παραγωγό, καθώς παρατηρείται μείωση της συνολικής εμπορεύσιμης παραγωγής. Γι' αυτούς του λόγους έχουν αναπτυχθεί σύγχρονες γεωργικές τεχνικές, όπως είναι το διχτυοκήπιο, που έχουν ως στόχο την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας προϊόντων, ακόμα και κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Σκοπός της διατριβής είναι να μελετηθεί η επίδραση της σκίασης τόσο στην αύξηση, την ανάπτυξη, την παραγωγή, όσο και στην αποτελεσματικότητα χρήσης της ηλιακής ακτινοβολίας και του νερού. Γι' αυτούς του λόγους δημιουργήθηκε πειραματικός αγρός στην περιοχή του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και μελετήθηκε η επίδραση δύο διχτύων ενομοστεγανότητας με ποσοστό σκίασης 13% και 34%, κι ενός διχτυού σκίασης 36% σε υπαίθρια καλλιέργεια πιπεριάς. Όσο αφορά στο μικροκλίμα των μεταχειρίσεων υπό σκίαση διαπιστώθηκε μείωση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, της σχετικής υγρασίας και του ελλείμματος κορεσμού του αέρα. Εκτός από την περίπτωση 13% σκίασης, όπου το έλλειμμα κορεσμού ήταν μεγαλύτερο από τον μάρτυρα. Αντίθετα η θερμοκρασία στο εσωτερικό των διχτυοκηπίων αυξήθηκε, εκτός από το διχτυοκήπιο με ποσοστό σκίασης 36% όπου μειώθηκε. Παρατηρήθηκε ότι τόσο η αποτελεσματικότητα χρήσης της ηλιακής ακτινοβολίας, όσο και η αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού αυξήθηκε, μέχρι που διπλασιάστηκε για τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση. Όσο αφορά τις παραμέτρους αύξησης και ανάπτυξης διαπιστώθηκε ότι στις μεταχειρίσεις υπό σκίαση το ύψος των φυτών, καθώς και ο αριθμός των φύλλων και των καρπών αυξήθηκε. Επιπρόσθετα, η σκίαση είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της συνολικής ξηράς ουσίας σε όλες τις μεταχειρίσεις, καθώς επίσης και την αύξηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας. Η συνολική παραγωγή αυξήθηκε κατά 81% σε σκίαση 13%, κατά 37,3% σε σκίαση 34% και κατά 23,5% σε σκίαση 36% σε σχέση με τον μάρτυρα. Θετική όμως ήταν και η επίδραση στο μέγεθος και στο μέσο βάρος των καρπών. Τέλος παρατηρήθηκε μείωση έως και εξάλειψη των καρπών με ηλιόκαυμα, καθώς και των καρπών που παρουσίαζαν το φαινόμενο της ξηράς κορυφής και των καρπών με προσβολή από θρίπα. Γενικά η χρήση διχτύων σκίασης επέδρασε θετικά στη καλλιέργεια πιπεριάς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όσο αφορά τα ποσοστά σκίασης που μελετήθηκαν.

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	σελ.6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	σελ.9-21
<b>1.1.Προβλήματα από Κλιματικές Συνθήκες του Καλοκαιριού – Αντιμετώπιση με</b>	
<b>Δίχτυα Σκίασης</b> .....	σελ.10
<b>1.2. Διχτυοκήπιο</b> .....	σελ.11
<b>1.3. Τύποι Διχτυών Κάλυψης</b> .....	σελ.12
<b>1.4. Τύποι Διχτυών Κάλυψης</b> .....	σελ.13
<b>1.4.1. Δίχτυα Σκίασης</b> .....	σελ.13
<b>1.4.2. Εντομολογικά Δίχτυα</b> .....	σελ.14
<b>1.4.3. Αντιχαλαζιακά Δίχτυα</b> .....	σελ.14
<b>1.4.4. Θερμοκουρτίνες</b> .....	σελ.15
<b>Σκοπός</b> .....	σελ.21
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	
<b>2.1. Υπαίθρια Καλλιέργεια Πιπεριάς</b> .....	σελ.22
<b>2.1.2. Κλιματικές Απαιτήσεις Πιπεριάς</b> .....	σελ.22
<b>2.1.3. Αύξηση και Ανάπτυξη στην Καλλιέργεια Πιπεριάς</b> .....	σελ.23
<b>2.1.3.1. Φωτοσύνθεση</b> .....	σελ.24
<b>2.1.3.2. Κλιματικοί Παράγοντες</b> .....	σελ.24
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</b>	
<b>3.1. Η Επίδραση της Σκίασης Στην Αύξηση και την Ανάπτυξη</b> .....	σελ.27
<b>3.2. Η Επίδραση στην Άνθηση</b> .....	σελ.28
<b>3.3. Η Επίδραση στην Παραγωγή</b> .....	σελ.29
<b>3.4. Η Επίδραση της Σκίασης στη Θερμοκρασία</b> .....	σελ.31
<b>3.5. Η Επίδραση της Σκίασης στην Ηλιακή Ακτινοβολία</b> .....	σελ.33
<b>3.6. Η Επίδραση της Σκίασης στο Έλλειμμα Κορεσμού του Αέρα (VPD) και στη</b>	
<b>Σχετική Υγρασία (RH)</b> .....	σελ.33

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

<b>4.1. Ο Πειραματικός αγρός</b>	σελ.35
<b>4.2. Τα δίχτυα σκίασης</b>	σελ.35
<b>4.3 Το Πειραματικό Σχέδιο</b>	σελ.38
<b>4.4. Τα Πειραματικά Φυτά</b>	σελ.38
<b>4.5. Εγκατάσταση της Καλλιέργειας</b>	σελ.39
<b>4.6. Καλλιεργητική Τεχνική</b>	σελ.40
<b>4.6.1. Προετοιμασία Πειραματικού Αγρού</b>	σελ.40
<b>4.6.2. Κλάδεμα</b>	σελ.40
<b>4.6.3. Υποστύλωση</b>	σελ.40
<b>4.6.4. Γονιμοποίηση</b>	σελ.41
<b>4.6.5. Άρδευση</b>	σελ.41
<b>4.6.6. Ζιζανιοκτονία</b>	σελ.41
<b>4.6.7. Φυτοπροστασία</b>	σελ.42
<b>4.6.8. Συγκομιδή καρπών</b>	σελ.42
<b>4.7. Κλιματικές Μετρήσεις</b>	σελ.42
<b>4.7.1. Όργανα Μέτρησης Ηλιακής Ακτινοβολίας</b>	σελ.43
<b>4.7.2. Όργανα Μέτρησης Θερμοκρασίας και Υγρασίας</b>	σελ.43
<b>4.7.3. Όργανα Μέτρησης Κατανάλωσης Νερού</b>	σελ.43
<b>4.7.4. Καταγραφή Δεδομένων</b>	σελ.43
<b>4.8. Εργαστηριακές Μετρήσεις</b>	σελ.43
<b>4.9. Αγρονομικές Μετρήσεις</b>	σελ.47
<b>4.9.1. Μετρήσεις στον Αγρό (Μη Καταστροφικές Μετρήσεις)</b>	σελ.48
<b>4.9.2 Μετρήσεις στο Εργαστήριο (Μετρήσεις Καταστροφικές και Παραγωγικότητας)</b>	σελ.48
<b>4.9.2.1 Αύξησης και Ανάπτυξης (Καταστροφικές μετρήσεις)</b>	σελ.49
<b>4.9.2.2. Παραγωγής Ωριμων Καρπών (Μετρήσεις Παραγωγικότητας)</b>	σελ.50
<b>4.9.3. Υπολογισμοί Παραμέτρων Αύξησης και Ανάπτυξης</b>	σελ.50
<b>4.9.3.1. Φυλλική Επιφάνεια</b>	σελ.50
<b>4.9.3.2. Συνολική Ξηρά Ουσία και Κατανομή αυτής στους Φυτικούς Ιστούς</b>	σελ.52
<b>4.9.3.3. Λόγος Ξηράς Ουσίας Στελεχών / Φύλλων</b>	σελ.52

4.9.3.4. Λόγος Ξηρού Βάρους / Συνολικής Ξηράς Ουσίας.....	σελ.52
4.9.3.5. Λόγος Νωπού Βάρους / Ξηρού Βάρους .....	σελ.53

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

5.1. Κλιματικές Συνθήκες κατά τη διάρκεια του πειράματος .....	σελ.54
5.2. Μη Καταστροφικές Μετρήσεις .....	σελ.57
5.3. Καταστροφικές Μετρήσεις .....	σελ.60
5.3.1. Παραγωγή και Κατανομή της Ξηράς Ουσίας .....	σελ.72
5.3.2. Φυλλική Επιφάνεια .....	σελ.76
5.4. Παραγωγή Καρπών .....	σελ.84
5.5. Μοντέλο Προσομοίωσης .....	σελ.89

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....**

6.1. Μη Καταστροφικές Μετρήσεις .....	σελ.93
6.1.1. Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Ανάπτυξης .....	σελ.93
6.1.2. Ανθιση .....	σελ.94
6.1.3. Φυλλική Επιφάνεια .....	σελ.94
6.2. Παραγωγή Καρπών .....	σελ.95
6.2.1. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή της Παραγωγής .....	σελ.96
6.2.2. Φυσικά Χαρακτηριστικά Καρπών .....	σελ.97
6.3. Καταστροφικές μετρήσεις .....	σελ.97
6.4. Αποτελεσματικότητα Χρήσης Νερού και Ακτινοβολίας .....	σελ.99

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....**

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....**



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Οι κοινωνικές μεταβολές που έχουν συμβεί από καιρό στις βόρειες Ευρωπαϊκές χώρες και αργότερα στη χώρα μας, όπως είναι η συνεχώς αυξανόμενη αστικοποίηση του πληθυσμού, έχουν επηρεάσει θετικά τη ζήτηση των κηπευτικών προϊόντων. Επίσης, η στροφή του ανθρώπου από τη μυϊκή εργασία που απαιτεί διατροφή με πολλές θερμίδες, στην πνευματική εργασία που απαιτεί διατροφή με λίγες θερμίδες αλλά πλούσια σε βιταμίνες και άλατα, έχουν ως συνέπεια την αύξηση της ζήτησης κηπευτικών και φρούτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και επομένως προϊόντων που παράγονται στο θερμοκήπιο.

Ο σκοπός της χρησιμοποίησης των θερμοκηπίων στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων είναι η τροποποίηση ή η ρύθμιση πολλών από τους παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρούν στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών. Με τη χρήση των θερμοκηπίων αποφεύγονται ζημιές από τον αέρα, τη βροχή, το χιόνι και το χαλάζι. Επιπλέον ανάλογα με τον εξοπλισμό του, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της κόμης των φυτών, όπως της ακτινοβολίας, της θερμότητας, της υγρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα. Επιπρόσθετα δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της ρίζας των φυτών, όπως: της υγρασίας, του οξυγόνου, της θερμότητας, των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων και του pH, που με τη χρήση κατάλληλων εδαφικών υποστρωμάτων ή υδροπονικών καλλιεργειών, μπορούν να φθάσουν με ακρίβεια τις απαιτήσεις των φυτών. Τέλος παρέχεται η δυνατότητα αποτελεσματικότερης φυτοπροστασίας από ασθένειες και έντομα, λόγω περιορισμένου χώρου και εξειδικευμένου εξοπλισμού.

Όμως οι σύγχρονες γεωργικές τεχνικές, αλλά και οι εμπορικές απαιτήσεις, επιβάλλουν την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας και καθαρότητας, ακόμα και κατά την καλοκαιρινή περίοδο, με μεθόδους που υποκαθιστούν τα θερμοκήπια, μιας και αυτά δεν μπορούν να ανταποκριθούν επαρκώς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, χωρίς την χρήση κοστοβόρων και ενεργοβόρων λύσεων. Γι αυτό το λόγο έχει αρχίσει η ανάπτυξη εγκαταστάσεων με δίκτυα σκίασης.

### **1.1. Προβλήματα από Κλιματικές Συνθήκες του Καλοκαιριού – Αντιμετώπιση με Δίχτυα Σκίασης**

Τα προβλήματα για την καλλιέργεια πιπεριάς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι μεγάλα. Περιοριστικό παράγοντα αποτελεί τόσο η υψηλή όσο και η χαμηλή εντάσεως ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, καθώς αύξηση της εντάσεως προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας των φύλλων. Επιπρόσθετα οι υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με ανεπαρκή εφοδιασμό των φυτών με νερό και με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές στο φυτό με χλωρωτικά ή ακόμα και νεκρά φύλλα (φαινόμενο φωτοαναστολής). Η υψηλή θερμοκρασία που επικρατεί τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας, μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα κατά τη διάρκεια της γονιμοποίησης, καθώς δημιουργεί προβλήματα στην παραγωγή γύρης και στην προσκόλληση της στο στίγμα, με αποτέλεσμα να υπάρξει μειωμένη παραγωγή. Οι μεγάλες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία μπορούν να οδηγήσουν στο σχίσσιμο των καρπών (Fruit Cracking). Προβλήματα όμως παρουσιάζονται από τις υψηλές θερμοκρασίες και την έντονη ηλιοφάνεια (υψηλής εντάσεως ηλιακή ακτινοβολία) και στην ποιότητα του καρπού. Σε περιπτώσεις έντονης ηλιοφάνειας και μη επαρκούς σκίασης από τα γειτονικά φύλλα παρατηρείται ηλιοκαυμα στους καρπούς. Ακόμα σε ύπαρξη έντονης ηλιοφάνειας και έντονης διακύμανσης της θερμοκρασίας ημέρας-νύχτας παρατηρείται καφέτιασμα (Russeting) των καρπών. Έλλειψη υγρασίας ή ασβεστίου οδηγεί σε μια ασθένεια γνωστή ως ξηρή σήψη της κορυφής του καρπού (Blossom-end rot), καθώς τα φύλλα αρχίζουν να απορροφούν νερό από τους καρπούς σε περιπτώσεις stress. Επιπλέον κακοσχηματισμένοι, παραμορφωμένοι και μικροί καρποί μπορούν να παρατηρηθούν εφόσον υπάρχουν χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας και της γονιμοποίησης. Χαμηλές όμως θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν κηλίδωση στους καρπούς κατά τη διάρκεια της καρποφορίας. Τέλος ευνοϊκές συνθήκες μπορούν να παρατηρηθούν για τη δημιουργία ασθενειών μυκητολογικής, βακτηριακής και ιικής φύσεως, όπως (βακτηριακή κηλίδωση και στιγμάτωση, ιός του μωσαικού της αγγουριάς κ.α.) όπου μπορούν να εξαπλωθούν με τη βοήθεια εντόμων όπως είναι οι θρίπες και οι αφίδες.

## 1.2. Διχτυοκήπιο

Σε αυτά τα προβλήματα έρχεται σαν απάντηση μια τεχνολογία, η οποία είναι πολύ διαδεδομένη στο Ισραήλ, και η οποία ονομάζεται "δικτυοκήπιο". Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί μια αξιόλογη τεχνογνωσία, η οποία οδήγησε στην δημιουργία ελαφρών και οικονομικών κατασκευών, καθώς και ειδικών εντομολογικών και φωτορυθμιστικών δικτύων κάλυψης. Στο Ισραήλ υπολογίζεται ότι τα δικτυοκήπια καταλαμβάνουν έκταση 5.500 εκτάρια ενώ στην Ελλάδα μόλις τα 300 εκτάρια. Παρατηρείται όμως μία γενική σταθερή αύξηση της ανάπτυξης των δικτυοκηπίων στις μεσογειακές χώρες

Όσον αφορά την μεταλλική κατασκευή, επιτεύχθηκε η δημιουργία ενός σκελετού, ο οποίος αποτελείται από κολώνες και συρματόσχοινα, αλλά με ιδιαίτερο και έξυπνο τρόπο σχεδιασμού, ώστε να επιτρέπεται η εγκατάσταση δικτυοκηπίων από 3,5 μέτρα ύψος έως και τα 8 μέτρα. Η επιτυχία όμως της όλης κατασκευής βασίζεται στη τεχνογνωσία των δικτύων σκίασης και των εντομολογικών δικτύων σε συνδυασμό με τα φωτορυθμιστικά δίκτυα. Ο όρος φωτορυθμιστικά δίκτυα περιγράφει μια ομάδα προϊόντων, που βασίζεται τόσο στο ποσοστό σκίασης, όσο και στον κατάλληλο χρωματισμό .

Έτσι η χρήση δικτύων σκίασης και εντομοστεγανότητας παρουσιάζει πλέον πολλά πλεονεκτήματα για τις ανοικτές καλλιέργειες. Στις υπαίθριες καλλιέργειες, τα δίκτυα προστατεύουν τα φυτά από την ηλιακή ακτινοβολία, τα έντομα και το χαλάζι ενώ παράλληλα μπορούν να μειώσουν σε μικρό βαθμό (περίπου 1°C) τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του δικτυοκηπίου. Προστατεύουν έμμεσα τους καρπούς από την προσβολή μυκήτων. Αποτρέπουν τη δημιουργία πληγών έπειτα από έντονη βροχόπτωση μέσω των οποίων μπορούν να εισχωρήσουν μύκητες. Τα δίκτυα σκίασης μέσω της ιδιότητας τους μειώνουν την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στους καρπούς, τους προστατεύει από το ηλιόκαυμα, που συμβαίνει λόγω της άμεσης και απότομης έκθεσης των καρπών στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς αναπτύσσονται και καθιστά τους καρπούς μη εμπορεύσιμους, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο την παραγωγή. Τέλος με τη χρήση κατάλληλων δικτύων μπορεί να αυξηθεί η ποσότητα, το μέγεθος και η ποιότητα του καρπού. Τα δίκτυα σκίασης συνιστώνται για κάθε είδους καλλιέργεια, σκεπάζοντας από επάνω ή κάνοντας δικτυοκήπιο, χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο βαθμό σκίασης ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και το αποτέλεσμα το οποίο επιθυμείται από τον παραγωγό.

### 1.3. Τεχνολογία Διχτύων Σκίασης

Τα δίχτυα σκίασης διακρίνονται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά και από τις οπτικές τους ιδιότητες.

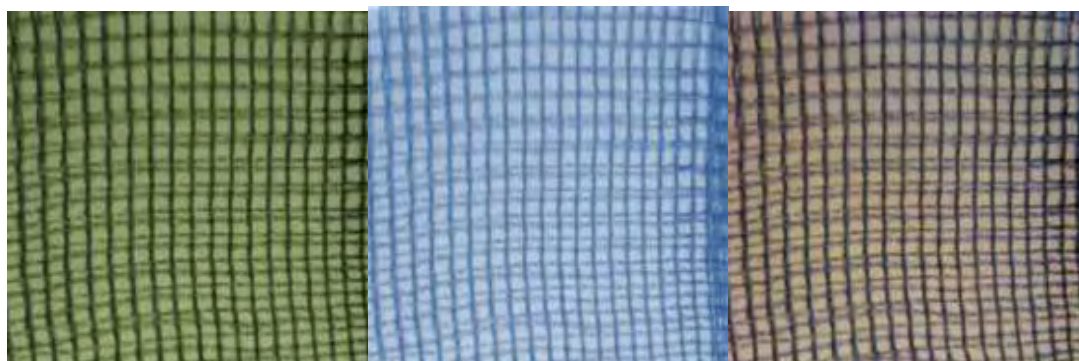
Οι οπτικές ιδιότητες των διχτύων είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Ανακλαστικότητα (%).
- ✓ Απορροφητικότητα (%).
- ✓ Περαιτότητα (%).

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διχτύων είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Το ποσοστό σκίασης (%).
- ✓ Χρώμα.
- ✓ Υλικό κατασκευής.
- ✓ Διαστάσεις οπών (mm x mm).
- ✓ Βάρος (g/m<sup>2</sup>).
- ✓ Αντοχή στη UV ακτινοβολία (έτη).
- ✓ Διαστάσεις εμπορικής διάθεσης (Μήκος Πλάτος) (m x m).

Σήμερα προσφέρονται διάφορα έγχρωμα δίχτυα, που το καθένα διαχειρίζεται ειδικά ένα συγκεκριμένο εύρος του φάσματος του φωτός. Ανάλογα με την σύνθεση του χρωματισμού, με τα κατάλληλα έκδοχα στο πλαστικό κατασκευής τους, και σύμφωνα, επίσης, με τον τρόπο πλέξης, τα ιδιαίτερα αυτά δίχτυα προσδίδουν στην καλλιέργεια ένα μεγάλο εύρος μίξεως φυσικού και φιλτραρισμένου φωτός, το οποίο διαχέεται σε συγκεκριμένο φάσμα.



**Εικόνα 1.** Δίχτυα κάλυψης καλλιεργείων με ποσοστό σκίασης 24% (πράσινο και θαλασσί) και 28% (μαύρο).

Η νέα αυτή τεχνολογία προωθεί την ελεγχόμενη αντίδραση των φυτών σε προσδιοριζόμενες και επιθυμητές φυσιολογικές λειτουργίες, η οποία είναι φωτοελεγχόμενη και φωτορυθμιστική, σε συνδυασμό με την φυσική - μηχανική προστασία που προσφέρουν τα δίχτυα. Οι στοχευόμενες διεργασίες στα φυτά με την διαχείριση του φωτός οριοθετούν την εμπορική αξία μιας καλλιέργειας σε επίπεδο παραγωγικότητας, ποιότητας καρπού, βλαστικής ανάπτυξης, ρυθμού ωρίμανσης και άλλα πολλά. Πολλές από αυτές τις διαδικασίες ελέγχονται σχετικά με μηχανικό τρόπο όπως κλάδεμα, αραίωμα καρπών, με την χρήση χημικών κ.λ.π. απαιτώντας εργατικό κόστος .

Επίσης, σημαντική συνδρομή στην συνολική προστασία της καλλιέργειας δίνει και η χρήση των κατάλληλων εντομολογικών δικτύων, τα οποία προστατεύουν από ποικίλους εντομολογικούς εχθρούς, όπως αλευρώδη , αφίδες , θρίπα και φυσικά από πουλιά . Τέλος, η κάλυψη με δίχτυα δημιουργεί και μηχανικό φράχτη με αποτέλεσμα φυσικά φαινόμενα όπως χαλάζι , έντονη βροχόπτωση, να περιορίζεται η ταχύτητα και το μέγεθος της σταγόνας που τελικά φτάνει στην φυτεία .

Τα δίχτυα μπορούν να κατασκευαστούν είτε με νήμα πολυαιθυλενίου (PA) είτε με νήμα πολυπροπυλενίου (PP). Συνήθως όμως προτιμώνται τα δίχτυα πολυαιθυλενίου καθώς είναι πιο ανθεκτικά στην ηλιακή ακτινοβολία και ακτινοβολία UV, πιο οικονομικά, πιο εύκολα στη χρήση και πιο οικονομικά. Το πλεονέκτημα όμως των δικτύων πολυπροπυλενίου είναι ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις.

## **1.4. Τύποι Δικτύων Κάλυψης**

### **1.4.1. Δίχτυα Σκίασης**

Πρόκειται για ειδικά φωτορυθμιστικά δίχτυα. Παράγονται σε διάφορους χρωματισμούς (κόκκινο, περλέ, κίτρινο, γκρι, ασημί, μπλέ, αλουμίνιο) και σε διάφορα ποσοστά σκίασης, από 30% μέχρι και 90 % . Η επιλογή γίνεται ανάλογα με την καλλιέργεια , το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, το επιθυμητό χαρακτηριστικό και την εποχή χρήσης τους .

### 1.4.2. Εντομολογικά Δίκτυα

Πρόκειται για ειδικά δίκτυα, τα οποία αποτρέπουν την είσοδο των εντόμων και καλύπτουν την καλλιέργεια τόσο από τα πλαϊνά, όσο και από την οροφή μιας κατασκευής. Έτσι, υπάρχει πλήρης στεγανοποίηση και προστασία, κάτι που σημαίνει υγιή φυτά και ελάχιστη έως μηδενική χρήση των πιο επικίνδυνων φυτοφαρμάκων, όπως είναι τα εντομοκτόνα. Υπάρχουν σε διάφορες διαστάσεις, όσον αφορά το μέγεθος της οπής, όπως 17, 25, 40, 50, 75 mesh. Επίσης, υπάρχει και το υψηλής τεχνολογίας σε μέγεθος οπής 40 και 50 mesh, το οποίο θεωρείται ως το μοναδικό με την υψηλότερη μηχανική προστασία έναντι του θρίπα, αφού πέραν του μικρού μεγέθους της οπής διαθέτει (κατά την κατασκευή του) ειδικό αντανάκλαστικό χρωματισμό, ο οποίος προκαλεί τύφλωση στην πλειονότητα των εντόμων και κυρίως στον θρίπα.



**Εικόνα 2.** Δικτυοκήπιο κατασκευασμένο από εντομολογικό δίκτυο σκίασης (antisept).

### 1.4.3. Αντιχαλαζιακά Δίκτυα

Πρόκειται για μια πρωτοποριακή ομάδα δικτύων, τα οποία συνδυάζουν την αντιχαλαζική προστασία με την σκίαση και την διαχείριση του φάσματος του ηλιακού φωτός. Ανήκουν στην κατηγορία των πλεκτών δικτύων και διαθέτουν σταθεροποιητές για υψηλή προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία. Λόγω της κατασκευής τους προστατεύουν την καλλιέργεια από τις βλαβερές ακτίνες του ήλιου, προκαλούν διάθλαση του φωτός, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η φωτοσύνθεση και στα κατώτερα στρώματα του φυλλώματος και, τέλος, προστατεύουν τους καρπούς των δέντρων από

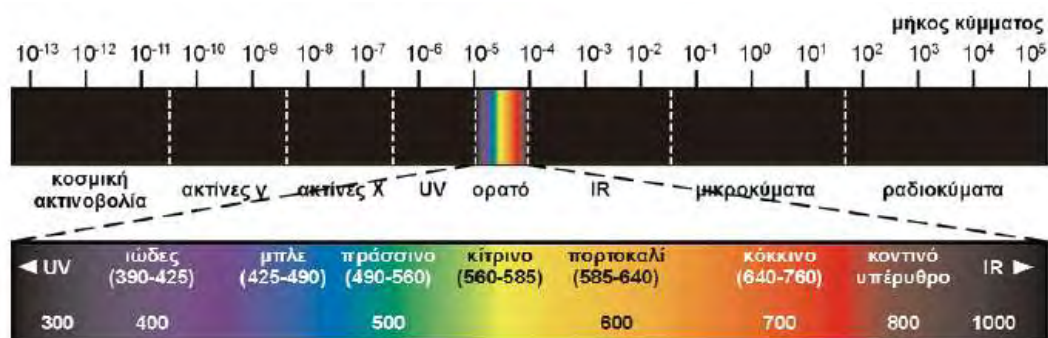
τα ηλιοκάματα. Το δίχτυ αυτό είναι ανακυκλούμενο και διατίθεται σε διάφορους χρωματισμούς και ποσοστά σκίασης.

### 1.4.3. Θερμοκουρτίνες

Πρόκειται για ειδικές κουρτίνες, οι οποίες χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια για εξοικονόμηση ενέργειας και σκίαση.

Το χρώμα των διχτυών είναι ο σημαντικότερος παράγοντας επιλογής για έναν παραγωγό ανάλογα με το αποτέλεσμα το οποίο επιθυμεί. Τα συνήθως χρώματα διχτυών είναι λευκό, πράσινο, μαύρο, γκρι, μπλε, κόκκινο και κίτρινο, μπορούν όμως τα δίχτυα να είναι και δίχρωμα ανάλογα με το νήμα πλέξης που θα χρησιμοποιηθεί.

Όπως είναι γνωστό, η χλωροφύλλη απορροφά ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή του κόκκινου (640-760 nm), του μπλε (425-490 nm) και του πορτοκαλί (585-640 nm) ενώ στην περιοχή του πράσινου (490-560 nm) και του κίτρινου (560-640 nm) η ακτινοβολία ανακλάται από την επιφάνεια των φύλλων.

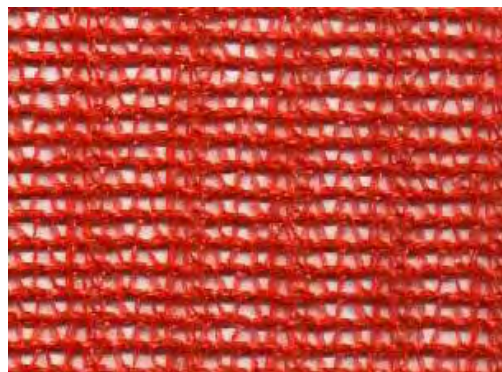


**Εικόνα 3.** Φασματική ανάλυση ορατής ακτινοβολίας.

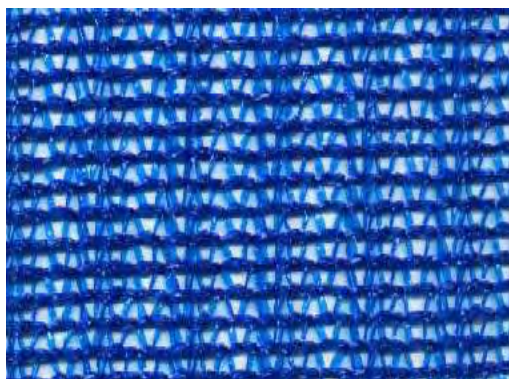
Είναι γνωστό ότι κάτω από την επίδραση κόκκινου φωτός επιταχύνεται η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών. Τα κόκκινα δίχτυα αυξάνουν την ακτινοβολία στο φάσμα του ερυθρού και του υπέρυθρου. Το φως, το οποίο αντανακλάται μέσω του διχτυού, είναι μεγάλης διάχυσης. Σε πάρα πολλά φυτά προκαλεί :



- ✓ Μεγάλο βαθμό ανάπτυξης.
- ✓ Προσθέτει φυτική μάζα.
- ✓ Ανάπτυξη του ριζικού συστήματος με ταυτόχρονη αύξηση του βάρους του.
- ✓ Πρόσθετη παραγωγή.
- ✓ Πρωίμηση της ανθοφορίας και μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχούς επικονίασης.
- ✓ Μακρύτερα και ισχυρότερα κλαδιά- βλαστοί.
- ✓ Μεγαλύτερους καρπούς.



**Εικόνα 4.** Διχτυοκήπιο με χρήση κόκκινου διχτυού σκίασης στην οροφή.



Το μπλε δίχτυ εκπέμπει περισσότερο φως στο φάσμα του μπλε φάσματος. Χρήση διχτυού χρώματος μπλε παρατηρείται σε περιπτώσεις όπου επιθυμείται φύλλωμα σκούρου πράσινου με συμπαγή ανάπτυξη και καθυστέρηση της άνθισης. Κάτω από συνθήκες μπλε φωτός επιβραδύνεται η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών.



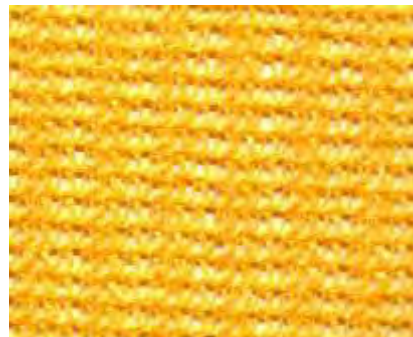


**Εικόνα 5.** Διχτυοκήπιο με χρήση μπλε διχτυού σκίασης σε καλλωπιστικά φυτά.

Χρησιμοποιώντας κόκκινα, μπλε, πράσινα ή μαύρα δίχτυα μπορεί να επηρεαστεί ή όχι το φυτόχρωμα και το κρυπτόχρωμα των φυτών με άμεσες συνέπειες στην ανάπτυξη των φυτών, αφού συνδέονται άμεσα με τη φωτοσύνθεση.

Το κίτρινο δίχτυ εκπέμπει περισσότερο φως στο φάσμα του κίτρινου, ιώδους και υπεριώδους φάσματος. Το φως, το οποίο αντανακλάται μέσω του διχτυού, είναι μεγάλης διάχυσης. Το κίτρινο δίχτυ έχει τις ίδιες εφαρμογές με το κόκκινο, αλλά υπολείπεται του κόκκινου. Σε πάρα πολλά φυτά προκαλεί :

- ✓ Μεγάλο βαθμό ανάπτυξης.
- ✓ Πρόσθεση φυτικής μάζας.
- ✓ Πρόσθετη παραγωγή.
- ✓ Μακρύτερα και ισχυρότερα κλαδιά- βλαστοί.
- ✓ Μεγαλύτερους καρπούς.



Στα δίχτυα χρώματος γκρι η διαφορά του εκπεμπόμενου φάσματος φωτός μεταξύ του γκρι και του μαύρου διχτυού είναι αμελητέα. Η διασπορά του φωτός κάτω από το γκρι δίχτυ είναι πολύ μεγαλύτερη όπως και η ποιότητα του φωτός είναι πολύ ανώτερη σε σχέση με αυτό που υπάρχει κάτω από το μαύρο.

Σε πάρα πολλά φυτά προκαλεί:

- ✓ Πρόσθετη παραγωγή.
- ✓ Αύξηση αριθμού κεντρικών και δευτερευόντων κλαδιών.

Υπάρχει δίχτυ χρώματος πέρλας που χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που στοχεύουν σε καλύτερη ποιότητα προϊόντος, αύξηση της παραγωγής και μεγαλύτερους καρπούς. Καθώς έχει τη δυνατότητα να διαχέει την άμεση ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να επιδρά θετικά στη φωτοσύνθεση και να προάγει την ανάπτυξη δευτερευόντων βλαστών, που είναι χρήσιμο κυρίως στα φυλλώδη λαχανικά. Η διαφορά του εκπεμπόμενου φάσματος φωτός μεταξύ του περλέ και του μαύρου διχτυού είναι αμελητέα. Το περλέ δίχτυ μπλοκάρει σημαντικά την υπεριώδη ακτινοβολία (IR) και σε μεγάλο ποσοστό σκίασης προστατεύει τα φυτά από παθητικό παγετό.

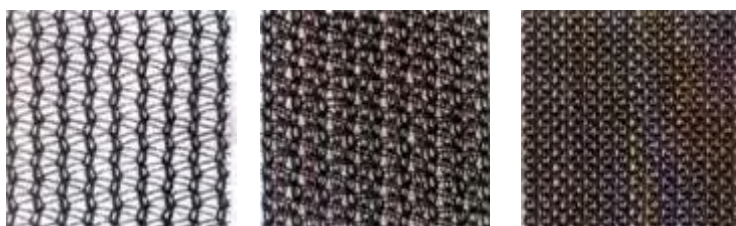


**Εικόνα 6.** Δίχτυα σκίασης χρώματος γκρι και πέρλας.

Πάνω στην ίδια βάση έχουν δημιουργηθεί επαλουμινωμένα δίχτυα πολυαιθυλενίου που εκτός των άλλων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξοικονόμηση ενέργειας τόσο σε διχτυοκήπια όσο και σε θερμοκήπια, καθώς και για αντιπαγετική προστασία, αφού έχουν την ιδιότητα να αντανακλούν την ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνειά τους.

Γενικά τα δίχτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε υπαίθριες καλλιέργειες, είτε σε κατασκευές (διχτυοκήπιο), είτε σε θερμοκήπιο. Μπορούν να χρησιμεύσουν για

σκίαση, για αντιχαλαζιακή και αντιπαγετική προστασία, για προστασία από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, τα έντομα και τους ιούς σε διάφορες καλλιέργειες.



**Εικόνα 7.** Δίχτυα με ποσοστό σκίασης 50, 70 και 90%.

Η πιπεριά *Capsicum annum* var. *annum* ανήκει στην Οικογένεια Solanaceae. Είναι μονοετές φυλλώδες φυτό, με περιορισμένη ανάπτυξη. Το ύψος και το μέγεθός της εξαρτώνται από τις συνθήκες ανάπτυξης. Ο κύριος μίσχος διακλαδίζεται διχοτομημένος μεταξύ 10 και 40 εκ., σε δύο ή τρία κλαδιά. Οι δευτερεύοντες μίσχοι αναπτύσσονται από μπουμπούκια και πάνω σ' αυτούς αναπτύσσεται ο καρπός. Η πιπεριά έχει βαθύ ρίζωμα με πολλές δέσμες ριζιδίων που αναπτύσσονται οριζοντίως σε ακτίνα 30-50 εκ.. Τα φύλλα φύονται εναλλάξ, είναι άτριχα, λογχοειδή, και λαμπερά πράσινα με μυτερές άκρες. Τα άνθη είναι λευκά, μικρά, με τους μίσχους προς τα κάτω. Ο κάλυκας σχηματίζεται από κολλημένα μεταξύ τους σέπαλα, τα οποία σκληραίνουν μέχρι να ωριμάσει ο καρπός. Τα άνθη είναι κυρίως αυτογονιμοποιούμενα και σε μικρό ποσοστό ετερογονιμοποιούμενα. Η στεφάνη είναι κατάλευκη. Ο καρπός είναι κοίλος με λαμπερή και λεία επιφάνεια. Η πιπεριά έχει πολυάριθμους, στρογγυλούς, επίπεδους, κιτρινωπούς σπόρους, που συνδέονται σε ένα μίσχο στην εσωτερική πλευρά του καρπού. Οι σπόροι βλασταίνουν ύστερα από 3-4 ημέρες και αντιστοιχούν περίπου 150-180 σπόροι/gr.

Η πιπεριά είναι ενδογενές φυτό των τροπικών περιοχών της Νοτίου Αμερικής. Οι τύποι της γλυκιάς πιπεριάς ήταν γνωστοί επίσης από πολύ παλιά, αλλά μόνο πρόσφατά έχουν αποκτήσει μεγαλύτερη σπουδαιότητα. Η πρώτη ευρωπαϊκή αναφορά για την πιπεριά γίνεται το 1493 από τον Peter Martyr, που αναφέρει ότι ο Κολόμβος βρήκε πολύ καυτερές πιπεριές. Με τα ταξίδια του Κολόμβου η πιπεριά ήρθε στην Ευρώπη και έγινε αμέσως αποδεκτή. Η σχετικά μεγάλη περίοδος διατήρησης της βλαστικής ικανότητας του σπόρου και η ευκολία της διακίνησής του, συνέβαλλαν στην ευρεία διάδοση της πιπεριάς σε πολλές άλλες τροπικές και υποτροπικές περιοχές του κόσμου. Σήμερα η Ινδία αποτελεί και την πρώτη χώρα εξαγωγής κόκκινης

πιπεριάς. Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί παρουσιάζονται η έκταση και η παραγωγή πιπεριάς σε παγκόσμια κλίμακα. Στον πίνακα περιλαμβάνεται η έκταση και η παραγωγή τόσο της υπαίθριας καλλιέργειας όσο και της καλλιέργειας υπό κάλυψη.

**Πίνακα 1.** Έκταση και παραγωγή πιπεριάς σε παγκόσμια κλίμακα, στις κυριότερες χώρες παραγωγής κατά το έτος 1998.

<b>Κυριότερες Χώρες Παραγωγής</b>			
	<i>Έκταση*1000στρ.</i>	<i>Παραγωγή*1000MT</i>	<i>% του συνόλου της παραγωγής</i>
<b>Κίνα</b>	3.525	7.025	42,2
<b>Τουρκία</b>	680	1.340	8,0
<b>Μεξικό</b>	1.102	1.290	7,7
<b>Νιγηρία</b>	950	970	5,8
<b>Ισπανία</b>	250	888	5,3
<b>Η.Π.Α.</b>	266	761	4,6
<b>Αίγυπτος</b>	260	365	2,2
<b>Ν. Κορέα</b>	830	322	1,9
<b>Ινδονησία</b>	1.042	282	1,7
<b>Ιταλία</b>	11	256	1,5

*Πηγή:* FAO Production Yearbook (1998)

Η πιπεριά σήμερα καλλιεργείται σε μεγάλες εκτάσεις στις εύκρατες και τροπικές ζώνες, κυρίως για τον καρπό της, ο οποίος χρησιμοποιείται σαν λαχανικό ή μπαχαρικό – καρύκευμα. Υπάρχουν αρκετά είδη και βοτανικές ποικιλίες στο γένος *capsicum*, γεγονός που συντελεί στην μεγάλη διαφοροποίηση που υπάρχει στους καρπούς, όσον αφορά τον βαθμό καυστικότητας, το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα. Οι γλυκές πιπεριές έχουν το πιο ήπιο άρωμα και την πιο ελαφριά δριμύτητα από όλες τις άλλες πιπεριές. Οι νωπές γλυκές πιπεριές αποτελούν πλούσια πηγή βιταμινών, ιδιαίτερα σε βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ). Οι αποξηραμένες πιπεριές που έχουν έντονα καυτερή γεύση, είναι πλούσιες σε βιταμίνη A. Τη μέγιστη όμως περιεκτικότητα σε βιταμίνες C και A την αποκτούν όταν ωριμάσουν. Όταν οι πιπεριές ωριμάσουν και κοκκινίσουν περιέχουν 10 φορές περισσότερη βιταμίνη A και διπλάσια ποσότητα βιταμίνης C, από όταν είναι πράσινες. Οι καυτερές κόκκινες πιπεριές είναι καυτερές γιατί περιέχουν μία χημική ουσία που ονομάζεται καψαϊκίνη

(capsaicin). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η έκταση, η παραγωγή και η μέση απόδοση νωπής πιπεριάς που καλλιεργήθηκε στην Ελλάδα κατά τις καλλιεργητικές περιόδους 1992-1993 και 1996-1997.

**Πίνακας 2.** Έκταση (στρ.), παραγωγή (τον.) και μέση απόδοση σε κιλά/στρ., πιπεριάς (νωπής) που καλλιεργείται στην Ελλάδα, στο ύπαιθρο, υπό χαμηλή κάλυψη (τούνελ) και υπό υψηλή κάλυψη (θερμοκήπιο), κατά τις καλλιεργητικές περιόδους 1992-1993 και 1996-1997.

Μορφή καλλιέργειας	1992-1993			1996-1997		
	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τον)	Αποδόσεις (κιλά/στρ.)	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τον)	Αποδόσεις (κιλά/στρ.)
Υπαίθρια* καλλιέργεια	33.680	76.040	2.258	31.670	69.430	2.192
Υπό χαμηλή κάλυψη (τούνελ)	337	924	2.742	232	775	3.340
Υπό υψηλή κάλυψη	2.647	14.267	5.390	3.655	22.658	6.199
<b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ</b>	<b>36.664</b>	<b>91.231</b>		<b>35.557</b>	<b>92.863</b>	

Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας

\* Φύτευση ή σπορά από Φεβρουάριο (Κρήτη, Δωδεκάνησα) μέχρι Μάιο (Β. Ελλάδα), στατιστικά στοιχεία υπαίθριας καλλιέργειας το 1992 και 1996.

### Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη της επίδρασης δύο δικτύων ενομοστεγανότητας κι ενός δίχτυ σκίασης στην αύξηση, την ανάπτυξη και την παραγωγή σε υπαίθρια καλλιέργεια πιπεριάς, καθώς επίσης και η μελέτη της αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας και του νερού.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **2.1. Υπαίθρια Καλλιέργεια Πιπεριάς**

#### **2.1.2. Κλιματικές Απαιτήσεις Πιπεριάς**

Η καλλιέργεια πιπεριάς έχει ανάγκη από αυξανόμενη θερμοκρασία από το πρώτο στάδιο μέχρι την ωρίμανση, ενώ δεν επιτρέπονται οι απότομες αλλαγές θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας. Για να επιτευχθεί σωστή βλάστηση και καλή συγκομιδή, απαιτείται για ένα μήνα τουλάχιστον μέση θερμοκρασία μεταξύ 18 και 22 °C. Η ιδανική θερμοκρασία όμως κυμαίνεται στους 20 – 25° C στη διάρκεια της ημέρας, και 16 –18 °C τη νύχτα. Όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ ημερήσιας και νυχτερινής θερμοκρασίας, παρατηρούνται βλαστικές διαταραχές όπως σκλήρυνση του φυτού και πτώση των ανθέων. Η ανάπτυξη επιβραδύνεται όταν η θερμοκρασία είναι κάτω από τους 15 °C. Στους 10° C η ανάπτυξη διακόπτεται, ενώ θερμοκρασίες κάτω του 0° C προκαλούν ζημιές από πάγο. Από την άλλη πλευρά, θερμοκρασίες άνω των 35° C και ξηρό κλίμα, προκαλούν ανεπαρκή λίπανση. Αν η υγρασία στο περιβάλλον είναι υψηλή, η πιπεριά αντέχει πάνω από 40°C, αν όχι όμως, διακόπτεται η βλάστηση και τα άνθη, οι μικροί καρποί και τα φύλλα πέφτουν.

Η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία συμπεριφέρονται αντίστροφα, όταν η σχετική υγρασία είναι μέγιστη η θερμοκρασία είναι ελάχιστη και το αντίστροφο. Η ιδανική σχετική υγρασία είναι περίπου 50 και 70 %, σε κανονική θερμοκρασία. Στα πρώτα αναπτυξιακά στάδια, τα φυτά της πιπεριάς χρειάζονται μεγαλύτερη σχετική υγρασία απ' ό,τι στα μεταγενέστερα στάδια. Απαιτείται επαρκής αερισμός στη διάρκεια της ανθοφορίας και του δεσίματος του καρπού, για να μεγιστοποιηθεί η βλαστική ανάπτυξη και ν' αυξηθεί η παραγωγή.

Η πιπεριά έχει ανάγκη το φως σ' όλο το βλαστικό κύκλο, ειδικά την εποχή της άνθισης. Τα άνθη είναι αδύναμα όταν το φως είναι ανεπαρκές κατά την άνθιση. Η έλλειψη φωτισμού προκαλεί ατελή ανάπτυξη του φυτού, με επιμήκυνση των ενδιάμεσων κόμβων και του μίσχου, με αποτέλεσμα τα φυτά να μην παρουσιάζουν μεγάλη παραγωγή.

Η καρποφορία της πιπεριάς έχει περισσότερα προβλήματα το φθινόπωρο που η μέρα είναι μικρή, παρά την άνοιξη που η μέρα είναι μεγαλύτερη, λόγω του μήκους της φωτοπεριόδου, που επηρεάζει τη βλάστηση και την καρποφορία της πιπεριάς. Η υγρασία και η θερμοκρασία εδάφους και αέρα επηρεάζουν τα προβλήματα αυτής



της καλλιέργειας στη διάρκεια του φθινοπώρου. Το φθινόπωρο οι συνθήκες αυτές αντιστρέφονται, όταν δηλ. μειώνεται η θερμοκρασία, η υγρασία αυξάνεται. Η άνθιση φαίνεται να εξαρτάται περισσότερο από τη θερμοκρασία και το φως, παρά από τη διάρκεια της φωτοπεριόδου. Το φθινόπωρο όμως, όταν η θερμοκρασία και το φως είναι ευνοϊκά, φαίνεται να πέφτουν περισσότερα άνθη απ' ό,τι την άνοιξη.



**Εικόνα 8.** Άνθος πράσινης πιπεριάς από την πειραματική καλλιέργεια.

Το ιδανικότερο έδαφος για την καλλιέργεια της πιπεριάς είναι το αμμώδες, βαθύ, πλούσιο σε οργανικές ύλες (γύρω στο 3-4%) και καλά αποστραγγιζόμενο. Οι ιδανικές τιμές pH κυμαίνονται μεταξύ 6,7 - 7, αν και η πιπεριά μπορεί να ανεχτεί και όξινες συνθήκες, ακόμα και με pH 5,5. Αν το έδαφος είναι αμμώδες, οι τιμές του pH μπορεί να φτάσουν το 8. Τα αλατούχα εδάφη δεν είναι κατάλληλα για την πιπεριά γιατί η ανάπτυξη του φυτού επιβραδύνεται. Αυτή η επιβράδυνση επηρεάζει το μέγεθος του καρπού και την ποσότητα της παραγωγής.

### **2.1.3. Αύξηση και Ανάπτυξη στην Καλλιέργεια Πιπεριάς**

Ένα αρχικό κύτταρο, σπόριο ή ζυγωτό, μπορεί να βλαστήσει και να δώσει φυτικό οργανισμό με ανώτερη οργάνωση, που χαρακτηρίζεται από ορισμένη πολύπλοκη εξωτερική μορφολογία και εσωτερική κατασκευή. Στο σύνολό τους, οι διεργασίες που οδηγούν από το αρχικό μοναδικό κύτταρο στο διαμορφωμένο φυτικό βλαστικό σώμα χαρακτηρίζονται ως ανάπτυξη. Μ' άλλα λόγια, κάθε ζωντανός οργανισμός υφίσταται ποσοτικές και ποιοτικές μεταβολές που διακόπτονται από ενδιάμεσα στάδια ηρεμίας. Εξάλλου, με τον όρο «αύξηση» εννοούμε αποκλειστικά ποσοτική

μεταβολή μη αναστρέψιμη, η οποία συντελείται με την αύξηση της φυτικής ουσίας ή τη μεγέθυνση των ζωντανών μερών. Αντίθετα, η ανάπτυξη αντιπροσωπεύει ποιοτική μεταβολή κατά την οποία οι υπάρχουσες μορφές ή λειτουργικές δράσεις μετατρέπονται σε άλλες.

#### **2.1.3.1. Φωτοσύνθεση**

Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης όμως επηρεάζεται από παράγοντες όπως: η θερμοκρασία του αέρα, η ένταση και η ποιότητα της προσπίπτουσας στο φυτό ηλιακής ακτινοβολίας και τέλος το επίπεδο του CO<sub>2</sub> που υπάρχει στο περιβάλλον χώρο του φυτού, που για τις υπαίθριες καλλιέργειες είναι σταθερό. Σύμφωνα όμως με τον Benton Jones (1999), εξίσου σημαντικούς παράγοντες για το ρυθμό φωτοσύνθεσης αποτελούν η ατμοσφαιρική υγρασία και η θερμοκρασία του φυλλώματος μαζί με το σύνολο της φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολίας και του CO<sub>2</sub> του αέρα. Στην ουσία το ύψος της ενέργειας της ακτινοβολίας που προσπίπτει στη φυλλική επιφάνεια του φυτού είναι ο παράγοντας εκείνος που καθορίζει την αύξηση του. Εξίσου σημαντικό ρόλο παρουσιάζει η στοματική αγωγιμότητα για τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης, λόγω αυξημένης πρόσληψης CO<sub>2</sub> με το άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων των φύλλων. Η στοματική αγωγιμότητα αυξάνεται αυξανόμενης της ηλιακής ακτινοβολίας μέχρι ενός ορίου και αυξανόμενης της υγρασίας. Επιπλέον αυξανόμενης της θερμοκρασίας, αυξάνεται και η στοματική αγωγιμότητα, δηλαδή είναι ανάλογη, όπως αναφέρουν ο Bakker et.al (1995), εφόσον τα φυτά ποτίζονται επαρκώς.

#### **2.1.3.2. Κλιματικοί Παράγοντες**

Η φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών μπορεί να παρεμποδιστεί από την επίδραση δυσμενών περιβαλλοντικών παραγόντων, ικανών να καταπονήσουν τα φυτά. Η σημασία της καταπόνησης των φυτών είναι πολύ σημαντική στη γεωργική παραγωγή αφού μπορεί να υποβαθμίσει ποσοτικά και ποιοτικά το γεωργικό προϊόν, να προκαλέσει οικονομικές δημογραφικές και ανθρωπιστικές συνέπειες, και να εγείρει θέματα υγιεινής των γεωργικών προϊόντων και της προστασίας του περιβάλλοντος. Οι κυριότεροι παράγοντες καταπόνησης των φυτών φαίνονται ταξινομημένοι στον παρακάτω πίνακα :



**Πίνακας 3.** Ταξινόμηση των κυριότερων παραγόντων καταπόνησης των φυτών.

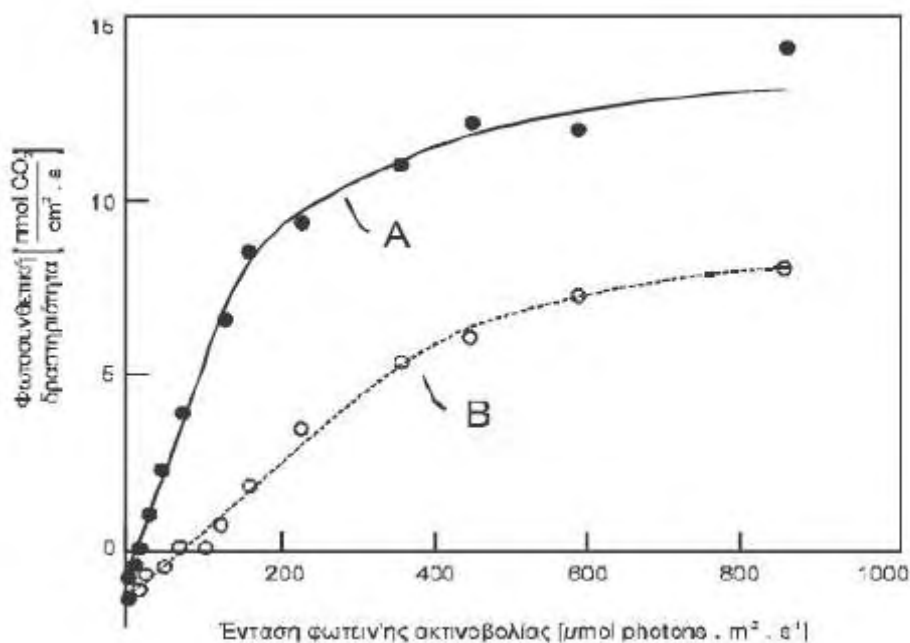
Αβιοτικοί			Βιοτικοί
Φυσικοί	Χημικοί	Ανθρωπογενείς	
<b>Ακτινοβολία</b> (έλλειψη, περίσσεια, UV ακτινοβολία)	<b>Θρεπτικά συστατικά – εδαφικό περιβάλλον</b> (έλλειψη, περίσσεια, μη ισορροπημένη σύσταση, αλατότητα, βαρέα μέταλλα, όξινο pH, βασικό pH)	<b>Ρύπανση</b> , υποβάθμιση εδαφών, πυρκαϊές, φυτοφάρμακα, ιονίζουσες ακτινοβολίες, ηλεκτρομαγνητικά πεδία	<b>Φυτά</b> (επικάλυψη, αλληλοπάθεια, παρασιτισμός)
<b>Θερμοκρασία</b> (υπερθέρμανση, ψύχος, παγετός)	<b>Αέριο περιβάλλον</b> (έλλειψη οξυγόνου, CO <sub>2</sub> )		<b>Παθογόνα</b> Ιοί Μύκητες Βακτήρια
<b>Υδατικό περιβάλλον</b> (ξηρή ατμόσφαιρα, ξηρό έδαφος, κατάκλιση)			<b>Ζώα</b> Κατανάλωση τραυματισμοί
<b>Μηχανικές βλάβες</b> (άνεμος, κάλυψη, κάλυψη από χιόνι, σχηματισμός πάγου, τραυματισμοί)			

Ένας από τους σημαντικότερους κλιματικούς παράγοντες που επιδρούν σ' ένα φυτό είναι η θερμοκρασία. Όπως οι χημικές αντιδράσεις γενικά, έτσι και τα φαινόμενα μεταβολισμού των κυττάρων υπόκεινται σε μια εξάρτηση από τη θερμοκρασία. Οι περιοχές θερμοκρασιών, μέσα στις οποίες συμβαίνει αύξηση σε έναν οργανισμό, καθορίζονται από βιοχημικά, φυσιολογικά και μορφολογικά δεδομένα. Η εξάρτηση της αύξησεως ακολουθεί κατά κανόνα μία χαρακτηριστική καμπύλη αρίστου.

Τα άριστα των θερμοκρασιών για την αύξηση του βλαστού μεταβάλλονται σε πολλά φυτά συχνά με την περιοδικότητα της ημέρας, δηλαδή αυτά τα φυτά είναι προσαρμοσμένα σε μια αλλαγή της θερμοκρασίας μεταξύ της ημέρας και της νύχτας και αναπτύσσονται κανονικά (άριστα) μόνο σε μια τέτοια κανονική εναλλαγή της θερμοκρασίας. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό θερμοπεριοδισμός. Η επιμήκυνση του στελέχους των νεαρών φυτών καθορίζεται από τη θερμοκρασία της ημέρας. Έτσι καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και ο ρυθμός επιμήκυνσης του κυρίως βλαστού. Σύμφωνα με τους Atherton & Rudich (1996) η άριστη θερμοκρασία νύχτας για νεαρά φυτά τομάτας ήταν 30°C ενώ για παραγωγικά φυτά άνω των 40 cm το εύρος της άριστης θερμοκρασίας ήταν 13-18°C.

Απ' όλους τους κλιματικούς παράγοντες που είναι δυνατό να επηρεάσουν τη φυτική ανάπτυξη, περισσότερο σημαντικός είναι η δράση της ηλιακής ακτινοβολίας και πιο πολύ της ορατής. Τα φυτά μπορεί να καταπονηθούν από χαμηλές ή υψηλές εντάσεις

ορατής ακτινοβολίας. Οι χαμηλές εντάσεις ορατής, φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας (PAR), προκαλούν καταπόνηση λόγω ανεπάρκειας της ενέργειας για την επιτέλεση της φωτοσύνθεσης. Πράγματι στο παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε από πειραματικά δεδομένα το ρυθμό φωτοσύνθεσης φύλλων σπανακιού (*Spinacea oleracea*), που εκτέθηκαν σε λευκό φως ( $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) για 4 ώρες (καμπύλη Β).



**Εικόνα 9.** Φωτοαναστολή της φωτοσύνθεσης. Ρυθμός φωτοσύνθεσης φύλλων πριν (καμπύλη Α) και μετά (καμπύλη Β) την έκθεση σε συνθήκες καταπόνησης υπερβολικής ακτινοβολίας.

πηγή: *Mohr and Schopfer, 1995*

Οι επαγόμενες από το φως αναπτυξιακές διεργασίες ονομάζονται φωτομορφώσεις. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει περίσσεια κόκκινου φωτός και ελάχιστο μπλε τα φυτά διαμορφώνουν μεγάλα μεσογονάτια διαστήματα, γίνονται πιο ψηλά και αποκτούν τρυφερά βλαστικά μέρη. Σε αυτό το συμπέρασμα κατέληξε και ο Benton J. (1999) σε μια έρευνα του. Αντίθετα όταν υπάρχει περίσσεια μπλε φωτός και ελάχιστο κόκκινο φως, τα φυτά γίνονται κοντά, σκληρά και σκουρόχρωμα. Σε περιπτώσεις αμυδρού φωτός έχει παρατηρηθεί μείωση του μήκους του βλαστού και έναρξης της σύνθεσης χαρακτηριστικών χρωστικών. Ενώ σε έλλειψη φωτός έχει παρατηρηθεί το φυτό να παρουσιάζει ισχυρώς επιμήκη μεσογονάτια διαστήματα και συχνά μίσχους φύλλων, καθώς επίσης και χλωρωτικό βλαστό και ανανάπτυκτα φύλλα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

#### **3.1. Η Επίδραση της Σκίασης Στην Αύξηση και την Ανάπτυξη**

Οι Lugassi-Ben-Hamo et al. (2009) σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Ισραήλ σε φυτά λυσιάνθου (*Eustoma grandiflorum*) υπό σκίαση με ποσοστό 67% και 88%, διαπίστωσαν πως υπήρξε διαφορά στο μήκος του στελέχους, καθώς η μεταχείριση με υψηλότερο ποσοστό σκίασης είχε μικρότερο μήκος στελέχους. Αύξηση του ξηρού βάρους όμως παρατηρήθηκε αυξανόμενου του ποσοστού σκίασης.

Η Abdel-Mawgoud et al. (1996) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή σκίασης 30%, δέκα ημέρες μετά τη μεταφύτευση επηρέασε σημαντικά το μήκος του στελέχους και την φυλλική επιφάνεια, ενώ δεν επέφερε καμία επίδραση στον αριθμό των φύλλων και στην παρεμπόδιση της PAR. Η σκίαση μείωσε σημαντικά τη συνολική ξηρά ουσία.

Οι Sorrentino et al. (1996) σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία σε σκιαζόμενα και μη φυτά λίλιου (*Lilium*), διαπίστωσαν πως δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές όσο αφορά στο ύψος του φυτού και το μήκος της ανθικής κεφαλής. Παράλληλα όμως παρατηρήθηκε μείωση της συνολικής ξηράς ουσίας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν χωρίς σκίαση και μεγαλύτερη αύξηση της φυλλικής τους επιφάνειας. Οι Smith et al. (1984) σε μελέτη που πραγματοποίησε για την επίδραση διαφορετικών ποσοστών σκίασης σε διχτυοκήπιο, σε φυτά τομάτας και αγγουριάς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στα σκιαζόμενα φυτά παρατηρείται αύξηση του ύψους και των μεσογονάτιων διαστημάτων, καθώς και μεγαλύτερος αριθμός φύλλων και φυλλικής επιφάνειας. Η φυλλική επιφάνεια ήταν ανάλογη του ποσοστού σκίασης. Στο διχτυοκήπιο με ποσοστό σκίασης 40%, η φυλλική επιφάνεια ήταν μεγαλύτερη από τη φυλλική επιφάνεια των φυτών που αναπτύχθηκαν σε διχτυοκήπιο με 15% σκίαση. Η ειδική φυλλική επιφάνεια βρέθηκε κι αυτή μεγαλύτερη στα σκιαζόμενα φυτά αγγουριάς συγκριτικά με τα ασκίαστα. Αντίθετα η συνολική ξηρά ουσία στα φυτά αγγουριάς μειώθηκε συγκριτικά με τα φυτά που καλλιεργούνταν χωρίς σκίαση. Πιο συγκεκριμένα το ξηρό βάρος των φύλλων και των μίσχων ήταν μεγαλύτερο στα σκιαζόμενα φυτά, ενώ το ξηρό βάρος των ριζών και των καρπών ήταν μεγαλύτερο στα ασκίαστα. Ακόμα, βρέθηκε ότι το ριζικό σύστημα στα υπό σκίαση φυτά ήταν μικρότερο.

Ο Raveh et al. (2003) σε έρευνα σε νεαρά δέντρα *Murcott tangor* (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.)) παρατήρησαν υψηλότερη αύξηση στην ξηρά ουσία των φύλλων στα σκιαζόμενα φυτά από τα φυτά που ήταν ασκίαστα. Αντίθετα η αύξηση του ριζικού συστήματος ήταν η ίδια και στα σκιαζόμενα φυτά αλλά και στα φυτά του μάρτυρα.

Οι El-Gizawy και El-Habbasha (1992) σε πείραμα σε φυτά τομάτας που πραγματοποίησαν στην Αίγυπτο, διαπίστωσαν πως αυξανόμενης της σκίασης αυξήθηκε σημαντικά το ύψος του φυτού και η φυλλική επιφάνεια αλλά υπήρχε μία σημαντική μείωση στον αριθμό των φύλλων και στο ξηρό βάρος τους. Τα ποσοστά σκίασης που μελετήθηκαν ήταν 0, 35, 51 και 63%. Αξίζει να σημειωθεί πως οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο τέλος του καλοκαιριού.

Οι Rylski and Spigelman (1986) σε έρευνα διαπίστωσε πως αυξανόμενου του ποσοστού σκίασης αυξάνεται το ύψος των φυτών καθώς και ο αριθμός των καρπών ανά κόμβο σε καλλιέργεια γλυκείας πιπεριάς. Το πείραμα αφορούσε μεταχειρίσεις με ποσοστό σκίασης (0, 12, 26 και 47%).

Ο Benton Jones (1999), παρατήρησε πως σε ποσοστό σκίασης 80% τα σκιαζόμενα φυτά σταμάτησαν ολοκληρωτικά την αύξηση τους, η ξηρά ουσία στους βλαστικούς ιστούς μειώθηκε και η κατανομή της ξηράς ουσίας προς τους καρπούς ήταν μεγαλύτερη συγκριτικά με τα ασκίαστα φυτά.

Οι Khandaker et al. (2009) σε μελέτη για την επίδραση διαφορετικού χρώματος δίχτυων σκίασης (μαύρο, λευκό, πράσινο, μπλε και κίτρινο) διαπίστωσαν ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν υπό σκίαση χρώματος μπλε, παρουσίαζαν το μεγαλύτερο ύψος και μήκος βλαστού, καθώς επίσης και τον περισσότερο αριθμό καρπών και ξηρού βάρους. Παράλληλα παρατηρήθηκε η υψηλότερη θερμοκρασία στο δίχτυ μπλε χρώματος συγκριτικά με τις άλλες μεταχειρίσεις. Το πείραμα έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της άνοιξης. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο πράσινο δίχτυ σκίασης παρουσίασαν το υψηλότερο ποσό χλωροφύλλης.

### **3.2. Η Επίδραση στην Άνθηση**

Οι Lugassi-Ben-Hamo et al. (2009) σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Ισραήλ σε φυτά λυσιάνθου (*Eustoma grandiflorum*) υπό σκίαση με ποσοστό 67% και 88%, διαπίστωσαν πως υπήρξε μείωση στον αριθμό των ανθέων ανά στέλεχος με την αύξηση του ποσοστού σκίασης και γρήγορη αλλαγή από την βλαστική στην

παραγωγική περίοδο μεταξύ των μεταχειρίσεων. Παρατηρήθηκε μία μικρή καθυστέρηση της άνθισης, λίγες μόνο ημέρες (3 ημέρες) στα φυτά με το μικρότερο ποσοστό σκίασης, κάτι που είναι πιθανό να οφείλεται και στις συνθήκες ανάπτυξης, όπως είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Όμως και οι El-Gizawy και El-Habbasha (1992) διαπίστωσαν μία αύξηση των ημερών από τη σπορά ως την άνθηση αυξανόμενου του ποσοστού σκίασης. Πιο συγκεκριμένα στα φυτά υπό σκίαση 63% καθυστέρησε η άνθηση 4-6 ημέρες συγκριτικά με την ακάλυπτη μεταχείριση. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Jeon και Chung (1982) σε έρευνα τους σε κόκκινη πιπεριά. Καθώς και οι Israeli et al. (1996) όπου διαπίστωσαν καθυστέρηση στην άνθηση 6, 9 και 15 ημέρες για δίχτυα με ποσοστό σκίασης 30%, 60% και 80%, αντίστοιχα σε φυτά μπανάνας. Γενικά, έχει παρατηρηθεί αισθητή μείωση του χρόνου άνθισης κάτω από υψηλής εντάσεως ακτινοβολία ή διαφορετικών συνθηκών ανάπτυξης σε διάφορα φυτικά είδη (Munir et al. 2004, Ogawa et al. 2004, Thomas 2006).

Οι El-Gizawy και El-Habbasha (1992) σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε φυτά τομάτας για την επίδραση διαφορετικών ποσοστών σκίασης (0, 35, 51, 63%) στην Αίγυπτο, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο αριθμός των ανθέων ανά φυτό μειώθηκε σε όλες τις μεταχειρίσεις συγκριτικά με την μεταχείριση χωρίς σκίαση. Στο ίδιο αποτέλεσμα κατέληξαν και οι Quagliotti et al. (1974) σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε πιπεριά για την μελέτη της επίδρασης στην παραγωγή με τη χρήση διαφορετικής πυκνότητας σκίασης συγκριτικά με τα ασκίαστα φυτά.

### **3.3. Η Επίδραση στην Παραγωγή**

Οι Smith et al. (1984) σε μελέτη που πραγματοποίησαν στη Νότια Αφρική το φθινόπωρο σε φυτά τομάτας και αγγουριάς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η συνολική παραγωγή στην τομάτα αυξήθηκε κάτω από σκίαση 15%, ακολούθησε το διχτυοκήπιο με 40% σκίαση και η λιγότερη παραγωγή παρατηρήθηκε στην μεταχείριση χωρίς σκίαση.

Οι Lugassi-Ben-Hamo et al. (2009) σε μελέτη σε φυτά λυσιάνθου στο Ισραήλ διαπίστωσαν πως με τη χρήση διχτύων σκίασης 67% για ένα χρονικό διάστημα 3-7 εβδομάδων μετά τη μεταφύτευση μπορούν να αυξήσουν την παραγωγή. Αντίθετα η χρήση διχτυού σκίασης 88% για περισσότερο από 3 εβδομάδες μπορεί να μειώσει την παραγωγή έως 40%.

Οι Israeli et al. (1996) παρατήρησαν μείωση του βάρους ανά τσαμπί μπανάνας κατά 8%, 21% και 55%, για ελαφρά (30%), μεσαία (60%) και έντονη (80%) σκίαση.

Οι El-Aidy and El-Afry (1983) έδειξε ότι φυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες σκιάς τείνουν να δώσουν μεγαλύτερη παραγωγή συγκριτικά με αυτά που είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία. Η μέγιστη παραγωγή παρατηρήθηκε σε ποσοστό σκίασης 40%, σε ποσοστό σκίασης 55% και 63% η συνολική παραγωγή δεν διέφερε σημαντικά με αυτή της μεταχείρισης χωρίς σκίαση. Γενικά η τάση αυτή τείνει να μειωθεί με την αύξηση του ποσοστού σκίασης.

Οι El-Gizawy και Mohamed (1992) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στα σκιαζόμενα φυτά τομάτας διαπιστώθηκε μία σημαντική αύξηση του αριθμού καρπών ανά φυτό και της συνολικής παραγωγής, καθώς και βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών. Η υψηλότερη παραγωγή, η μεγαλύτερη διάμετρος και ο μεγαλύτερος όγκος παρατηρήθηκε κάτω από σκίαση 35%. Τα μεγέθη αυτών των χαρακτηριστικών σε ποσοστό σκίασης πάνω από 51% μειώθηκαν. Παράλληλα παρατηρήθηκε μία σημαντική μείωση του ποσοστού των καρπών με ηλιόκαυμα έως και 100%. Πιο συγκεκριμένα κατά την πρώτη χρονιά του πειράματος το ποσοστό καρπών με ηλιόκαυμα της συνολικής παραγωγής ήταν 17,67%, 4,67% και 0%, στον μάρτυρα, στη μεταχείριση με 35% ποσοστό σκίασης, στη μεταχείριση με 51% και 63% ποσοστό σκίασης αντίστοιχα. Κατά τη δεύτερη χρονιά διεξαγωγής του πειράματος τα αποτελέσματα διαμορφώθηκαν ως εξής: 9,5%, 1,67% και 0% αντίστοιχα για κάθε μεταχείριση. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε και οι Rylski and Spigelman (1986) σε πείραμα πιπεριάς όπου η εφαρμογή σκίασης 26-47% μείωσε το ποσοστό των καρπών με ηλιόκαυμα στο 3-4%, έναντι των καρπών που ήταν χωρίς σκίαση, όπου σε αυτή την περίπτωση το ποσοστό με ηλιόκαυμα ήταν 36%. Δηλαδή παρατηρείται μία μείωση της αρνητικής επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας, αυξανόμενου του ποσοστού σκίασης. Τέλος παρατηρήθηκε μείωση των κούφιων καρπών, καθώς και αυτών που παρουσίαζαν ατελή ωρίμανση, ανάλογα με το ποσοστό σκίασης. Το υψηλότερο ποσοστό αυτών των καρπών παρατηρήθηκε στα ασκίαστα φυτά, καθώς και σε αυτά με υψηλή σκίαση 63%.

Ο Heuvelink (1995a) σε καλλιέργεια τομάτας κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο αριθμός των καρπών που μεγαλώνουν ταυτόχρονα στο φυτό, ο οποίος είναι μεγαλύτερος σε συνθήκες υψηλού φωτισμού άρα και μικρότερης πυκνότητας φύτευσης, επηρεάζει έμμεσα την κατανομή της ξηράς ουσίας. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Cockshull (1992) όταν πραγματοποίησαν έρευνα σε θερμοκηπιακή

καλλιέργεια τομάτας με ποσοστό σκίασης 23%. Παράλληλα διαπίστωσαν μείωση του αριθμού των καρπών ανά ταξιανθία, κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης, όπου η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί περιοριστικό παράγοντα.

### **3.4. Η Επίδραση της Σκίασης στη Θερμοκρασία**

Έχει διαπιστωθεί ότι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης μπορούν να μειώσουν την παραγωγή καρπών και σπόρων στην πιπεριά. (Aloni et al. (2001), Barker (1989), Erickson και Markhart (2002)). Το ιδανικό εύρος θερμοκρασιών για την ανάπτυξη της πιπεριάς είναι 15–30 °C. (Elazar (Zari) Gal).

Οι Moller και Assouline (2007) σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε φυτά γλυκιάς πιπεριάς, παρατήρησαν ότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του διχτυοκηπίου για το 67% των ημερών που διήρκεσε το πείραμα ήταν χαμηλότερη εν συγκρίσει με την εξωτερική θερμοκρασία. Επιπλέον η μέγιστη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας στο εσωτερικό με αυτήν του εξωτερικού αέρα δεν ξεπέρασε τον 1 °C. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση μαύρου διχτυού που παρείχε 30% σκίαση δεν επηρέασε σημαντικά τη μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία.

Οι Sorrentino et al. (1996) σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία σε σκιαζόμενα και μη φυτά λιλίου (*Lilium*), διαπίστωσαν ότι στις τριανταπέντε μέρες μετά την μεταφύτευση η θερμοκρασία των φύλλων είχε μειωθεί κατά 6 °C με τη χρήση διχτυού σκίασης συγκριτικά με τα φυτά που ήταν ασκίαστα, παράλληλα η θερμοκρασία στη βάση των φυτών μειώθηκε κατά 5 °C ενώ η θερμοκρασία του εδάφους κατά 13 °C. Οι συνθήκες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτοσύνθεσης.

Οι Santos et al. (2006) παρατήρησαν την επίδραση της κάλυψης με δίχτυ πολυαιθυλενίου σε καλλιέργεια τομάτας για τέσσερις καλλιεργητικές περιόδους. Η θερμοκρασία εντός του διχτυοκηπίου βρέθηκε μεγαλύτερη κατά 0,5 °C από την ατμοσφαιρική, ενώ η διαφορά μεταξύ τους δεν ξεπέρασε τους 1,2 °C. Η μέση τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας βρέθηκε υψηλότερη από την αντίστοιχη εξωτερική κατά 2-3 °C ενώ η μέση τιμή της ελάχιστης θερμοκρασίας στο διχτυοκήπιο ήταν παρόμοια με την αντίστοιχη εξωτερική.

Οι Smith et al. (1984) σε μελέτη που πραγματοποίησαν το φθινόπωρο σε φυτά τομάτας και αγγουριάς διαπίστωσαν μείωση της θερμοκρασίας στις μεταχειρίσεις υπό σκίαση. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, τις ώρες με την υψηλότερη εξωτερική

θερμοκρασία, οι μεταχειρίσεις με σκίαση 15% και 40% παρουσίαζαν μείωση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 2-3 °C. Όμως την πιο ψυχρή ώρα της ημέρας το διχτυοκήπιο με σκίαση 15% παρουσίαζε μείωση 1-2 °C από την ατμοσφαιρική, σε αντίθεση με το διχτυοκήπιο με σκίαση 40% όπου η θερμοκρασία στο εσωτερικό του ήταν 1 °C υψηλότερη από την ατμοσφαιρική. Διαπιστώνεται ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας εξαρτάται από το ποσοστό σκίασης. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Zhang et al. (2004) σε μελέτη τους χρησιμοποιώντας δίχτυα που παρείχαν ποσοστά σκίασης 5%, 30% και 50% σε καλλωπιστικά φυτά.

Οι Kittas et al. (2009) σε έρευνα χρησιμοποίησαν τέσσερα διαφορετικά δίχτυα σε χρώμα και ποσοστά σκίασης σε υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας. Τα δύο δίχτυα ήταν μαύρου χρώματος και παρείχαν ποσοστό σκίασης 49% και 40%, το ένα ήταν πράσινο με σκίαση 34% και το τελευταίο είχε πράσινο και μαύρο νήμα με 40% ποσοστό σκίασης. Διαπιστώθηκε ότι η τιμή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας κάτω από τα δίχτυα ήταν παρόμοια με την εξωτερική. Αντίθετα η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ καλλιέργειας και αέρα βρέθηκε σημαντικά μικρότερη κάτω από τα δίχτυα σε σχέση με τον ανοιχτό αγρό.

Οι Grinberger et al. (2000 έρευνα από Ινστιτούτο) χρησιμοποίησαν τέσσερα διαφορετικού χρώματος δίχτυα, με ίδιο ποσοστό σκίασης 30% σε καλλιέργεια μαρουλιού στο Ισραήλ. Διαπιστώθηκε ότι η μέγιστη θερμοκρασία κάτω από τα δίχτυα ήταν μικρότερη από αυτή του μάρτυρα. Το μπλε, το κόκκινο και το χρώματος πέρλας δίχτυ είχαν παρόμοιες μέγιστες θερμοκρασίες ενώ το επαλουμινιωμένο δίχτυ σκίασης είχε ελαφρώς μεγαλύτερη θερμοκρασία από τα άλλα δίχτυα.

Οι Medina et al. (2002) σε μελέτη τους για τις επιδράσεις της κάλυψης με επαλουμινιωμένο δίχτυ πολυπροπυλενίου με ποσοστό σκίασης 50% σε εσπεριδοειδή, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία των φύλλων ήταν χαμηλότερη κάτω από τα δίχτυα σε σχέση με τα ασκίαστα φυτά του μάρτυρα. Στο ίδιο αποτέλεσμα κατέληξαν και οι Raveh et al. (2003) σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε δέντρα *Murcott tangor* (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.)).

Οι Pagamas και Nawata (2009) διαπίστωσαν ότι αν μετά την άνθηση της πιπεριάς επικρατήσουν θερμοκρασίες πάνω από 38 °C τότε παρουσιάζονται προβλήματα στην αύξηση των καρπών και μειώνεται το ξηρό βάρος των σπόρων, καθώς και η βλαστικότητα και η ζωτικότητα τους.



### **3.5. Η Επίδραση της Σκίασης στην Ηλιακή Ακτινοβολία**

Οι Smith et al. (1984) σε έρευνα σε καλλιέργεια τομάτας και αγγουριού, διαπίστωσαν ότι στην περιοχή του μπλε και του πράσινου υπήρξε μία μείωση στο εσωτερικό των διχτυοκηπίων (15% και 40%), έναντι της μεταχείρισης στον ανοιχτό αγρό. Πιο συγκεκριμένα, στον μάρτυρα βρέθηκε  $0,60 \text{ Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$  και στα διχτυοκήπια  $0,45 \text{ Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$  και  $0,22 \text{ Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$ , για σκίαση 15% και 40% αντίστοιχα. Χαμηλές τιμές παρατηρήθηκαν και στην περιοχή του κόκκινου χρώματος, όπου το ποσό της ακτινοβολίας βρέθηκε  $0,29 \text{ Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$  για τον μάρτυρα,  $0,20 \text{ Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$  για 15% σκίαση και  $0,09 \text{ Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$  για 40% σκίαση.

Οι Medina et al. (2002) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι με τη χρήση επαλουμινιωμένου δίχτυου πολυπροπυλενίου με ποσοστό σκίασης 50% σε εσπεριδοειδή, το ποσό της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας μειώθηκε, καθώς επίσης και η φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία (PAR). Διαπιστώθηκε πως η μείωση αυτή ήταν 65% για τον Αύγουστο και 57% για τον Νοέμβριο. Παράλληλα παρατηρήθηκε ότι η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού αυξήθηκε στην καλλιέργεια υπό σκίαση κατά 21,7% τον Αύγουστο και κατά 13,3% τον Νοέμβριο.

Οι Raveh et al. (2003) διαπίστωσαν ότι αυξανόμενη της μείωσης της ακτινοβολίας ο καθαρός ρυθμός αφομοίωσης των φύλλων μειωνόταν λόγω έλλειψης της φωτεινής ενέργειας. Επομένως επακόλουθη ήταν και η μείωση της φωτοσυνθετικής παραγωγικότητας.

### **3.6. Η Επίδραση της Σκίασης στο Έλλειμμα Κορεσμού του Αέρα (VPD) και στη Σχετική Υγρασία (RH)**

Οι Santos et al. (2006) παρατήρησαν την επίδραση της κάλυψης με δίχτυ πολυαιθυλενίου σε καλλιέργεια τομάτας για τέσσερις καλλιεργητικές περιόδους. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η σχετική υγρασία στο διχτυοκήπιο ήταν παρόμοια με την εξωτερική.

Οι Tanny et al. (2009) σε έρευνα έδειξαν ότι η χρήση δίχτυων μείωσε το έλλειμμα κορεσμού του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας η διαφορές ήταν πολύ μικρές. Η μεγαλύτερη μείωση στο VPD παρατηρήθηκε κάτω από το δίχτυ με το υψηλότερο ποσοστό σκίασης (60%) και ήταν 300 Pa.

Οι Medina et al. (2002) σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε εσπεριδοειδή στη Βραζιλία, οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι κάτω από επαλουμινιωμένο δίκτυ πολυπροπυλενίου (50% σκίαση) το έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα μειώθηκε, λόγω μείωσης της θερμοκρασίας τόσο του αέρα όσο και των φύλλων. Το μειωμένο έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα φαίνεται να επιδρά ιδιαίτερα θετικά στο άνοιγμα των στομάτων του φύλλου, με αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης. Αντιθέτως, οι Nicolas et al. (2008) ενώ διαπίστωσαν ότι η θερμοκρασία κάτω από το επαλουμινιωμένο ανακλαστικό δίκτυ ήταν ελαφρώς χαμηλότερη από την εξωτερική ημερήσια θερμοκρασία, δεν εντόπισαν διαφορές στο VPDa.

Οι Kittas et al. (2009) διαπίστωσαν μείωση του ελλείμματος κορεσμού της καλλιέργειας κατά 50% στα σκιαζόμενα φυτά τομάτας συγκριτικά με τα ασκίαστα, λόγω της μείωσης της θερμοκρασίας μεταξύ καλλιέργειας – αέρα. Η μέση τιμή του VPDc κατά τη διάρκεια της ημέρας, βρέθηκε 4,2 kPa στον ανοιχτό αγρό και 2,2 kPa κάτω από το δίκτυ με ποσοστό σκίασης 49%. Το έλλειμμα κορεσμού του αέρα σε υπαίθρια καλλιέργεια βρέθηκε παρόμοιο συγκριτικά με τη καλλιέργεια υπό κάλυψη. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Raveh et al. (2003) σε πείραμα σκίασης νεαρών δέντρων *Murcott tangor* (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.)), καθώς παρατήρησαν ότι η μείωση της θερμοκρασίας των φύλλων στα υπό κάλυψη φυτά οδήγησε στη μείωση του ελλείμματος κορεσμού μεταξύ καλλιέργειας - αέρα. Αποφάνθηκαν ότι η χρήση δικτυών ως μέσο δροσισμού των φύλλων και μείωσης του ελλείμματος κορεσμού του αέρα, έχει το ίδιο αποτέλεσμα με την μετακίνηση των φυτών σε περιβάλλον με χαμηλότερο έλλειμμα κορεσμού του αέρα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### **4.1. Ο Πειραματικός αγρός**

Το ΚΕΤΕΑΘ διέθεσε στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος (ΕΓΚΕΠ) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την εκτέλεση του πειραματικού μέρους της έρευνας τρία διχτυοκήπια, ίδιων διαστάσεων (20m x 10m x 3,2m) , καλυμμένα με δίχτυα διαφορετικών χαρακτηριστικών και έκταση ανοικτού αγρού παρόμοιων διαστάσεων με τα διχτυοκήπια, ως μάρτυρας του πειράματος. Ο πειραματικός αγρός βρίσκεται εντός του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνου, Μαγνησίας (39°2' Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος, 22°45' Ανατολικό Γεωγραφικό Μήκος) και σε υψόμετρο 70m από την επιφάνεια της θάλασσας. Το έδαφος του αναλύθηκε και εντάχθηκε στην κατηγορία των αργιλωδών εδαφών, με τύπο υφής Ιλυοαργιλώδες (SiC).

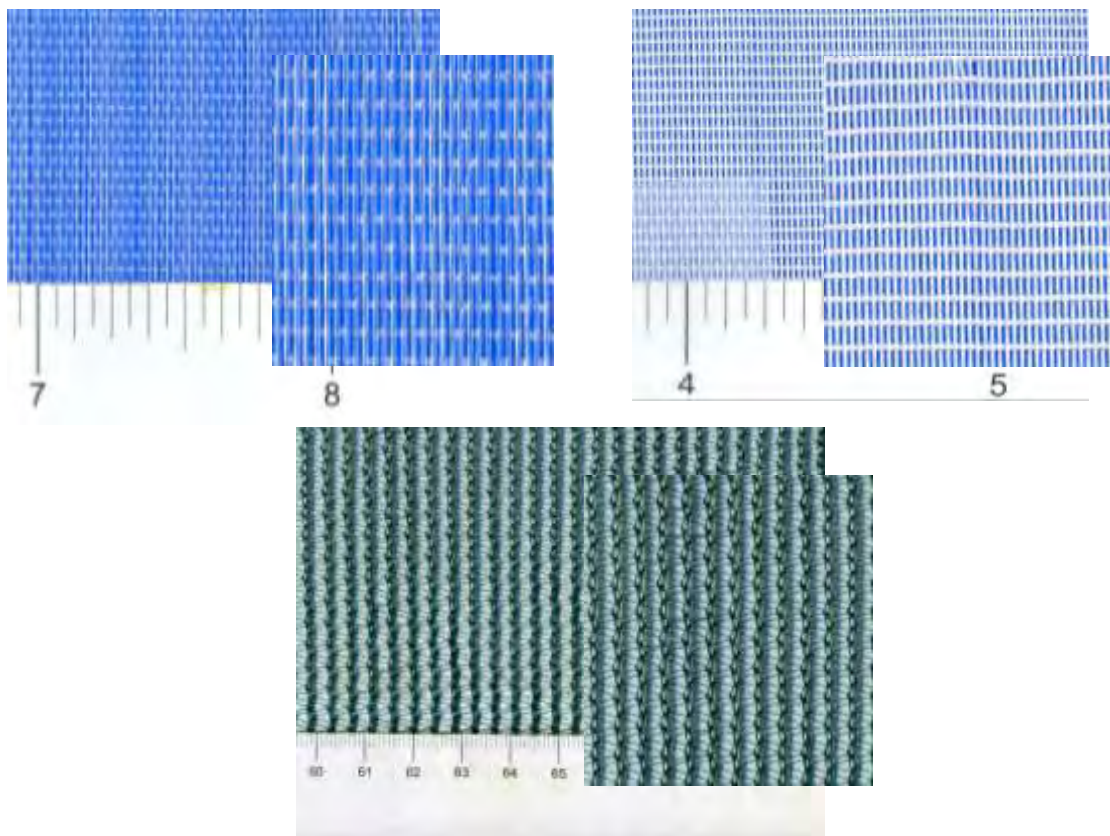


**Εικόνα 10.** Η μεταχείριση του μάρτυρα πριν τη μεταφύτευση.

#### **4.2. Τα δίχτυα σκίασης**

Στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών & Ελέγχου Περιβάλλοντος, τον Μάιο του 2011, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των οπτικών ιδιοτήτων σε δείγματα διχτυών εντομοστεγανότητας (10 δείγματα από 3 εταιρείες) και σκίασης (8 δείγματα από 5 εταιρείες). Από αυτά επιλέχθηκαν για να χρησιμοποιηθούν στον πειραματικό αγρό 2 δίχτυα εντομοστεγανότητας της εταιρείας Meteor Agricultural Nets Ltd (Ισραήλ) και 1 δίχτυ σκίασης της εταιρείας Πλαστικά Θράκης ABEE.

Τα εντομοστεγανά δίχτυα που επιλέχθηκαν είχαν ίδια χαρακτηριστικά πλέξης, δηλαδή 50 mesh, αλλά διαφορετικό βαθμό σκίασης. Το ένα παρείχε 12% και το άλλο 32% ποσοστό σκίασης και τα νήματά τους ήταν διάφανα και λευκά, αντίστοιχα. Το τρίτο δίχτυ παρείχε 32% ποσοστό σκίασης και ήταν πράσινου χρώματος. Για λόγους συντομίας και διευκόλυνσης του αναγνώστη, όταν γίνεται αναφορά στις μεταχειρίσεις με δίχτυ θα χρησιμοποιείται η εξής κωδικοποίηση: ο κωδικός κάθε διχτυού θα περιλαμβάνει τ' αρχικά γράμματα του είδους διχτυού (εντομοστεγανότητας - σκίασης), στην αγγλική όμως γλώσσα (*Insect Proof - Shade*), ακολουθούμενα από τον αριθμό του ποσοστού σκίασης που παρέχουν στην καλλιέργεια. Δηλαδή: τα εντομοστεγανά δίχτυα με ποσοστό σκίασης 13% και 34% θα συμβολίζονται *IP13%* και *IP34%*, αντίστοιχα το δίχτυ σκίασης με ποσοστό σκίασης 36% θα συμβολίζεται με *S36%*. Τα ποσοστά που χρησιμοποιήθηκαν για την κωδικοποίηση είναι όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις στο εργαστήριο. Η μεταχείριση του μάρτυρα θα συμβολίζεται *Cont*, από την αγγλική λέξη *control*.



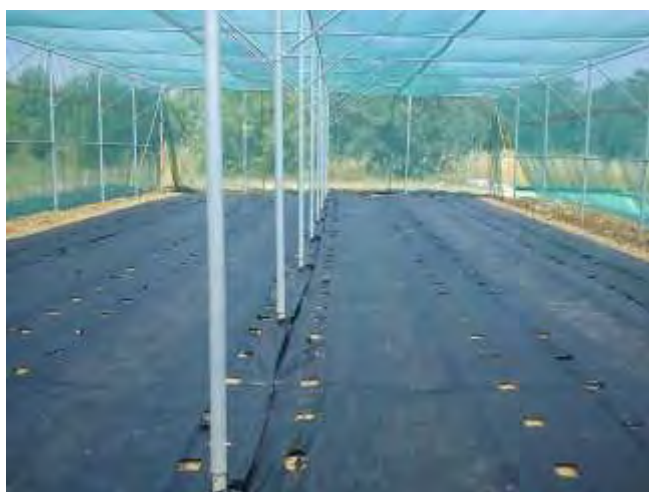
**Εικόνα 11.** Δίχτυα πειράματος: Εντομοστεγανό IP13% (χρώματος πέρλας, υποδιαίρεση σε ίντσες) (αριστερά), εντομοστεγανό IP 34% (λευκού χρώματος, υποδιαίρεση σε ίντσες) (δεξιά) και σκίασης S36% (πράσινου χρώματος, υποδιαίρεση σε cm) (κέντρο).



**Εικόνα 12.** Το εντομοστεγανό δίχτυ σκίασης 34% (IP34%) στον πειραματικό αγρό πριν την εδαφοκάλυψη.



**Εικόνα 13.** Το εντομοστεγανό δίχτυ σκίασης 13% (IP13%) στον πειραματικό αγρό πριν την εδαφοκάλυψη.



**Εικόνα 14.** Το δίχτυ σκίασης 36% (S36%) στον πειραματικό αγρό.



### 4.3. Το Πειραματικό Σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν «Πλήρες Τυχαιοποιημένο Σχέδιο». Υπήρχαν τέσσερεις μεταχειρίσεις με μια επανάληψη η καθεμία στο χώρο. Η κάθε μεταχείριση αποτελούνταν από τέσσερα Blocks. Παράγοντας ήταν η περατότητα (ή σκίαση) στην ηλιακή ακτινοβολία και οι μεταχειρίσεις του ήταν τέσσερεις. Τρεις με δίχτυα και μία χωρίς η οποία αποτέλεσε τον μάρτυρα.

### 4.4. Τα Πειραματικά Φυτά

Τα φυτά μεταφυτεύτηκαν την 31<sup>η</sup> Μαΐου 2011 Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο περιλαμβάνονταν πέντε (5) διπλές γραμμές φύτευσης οι οποίες απείχαν μεταξύ τους 1,2m. Οι αποστάσεις φύτευσης των φυτών ήταν 0,5m τόσο επί, όσο και μεταξύ των απλών γραμμών κάθε διπλής γραμμής. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1,8 φυτά m<sup>-2</sup>.



**Εικόνα 15.** Η ημέρα μεταφύτευσης των φυτών στον πειραματικό αγρό.

Από κάθε μεταχείριση επιλέχθηκαν στην αρχή του πειράματος και εντελώς τυχαία οχτώ (8) πειραματικά φυτά για την μέτρηση των αγρονομικών μετρήσεων, δηλαδή δύο φυτά από κάθε Block.

Κατά τον ίδιο επιλέχθηκαν και εικοσιτέσσερα (24) πειραματικά φυτά από κάθε μεταχείριση, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τις καταστροφικές μετρήσεις. Σε κάθε καταστροφική μετρούνταν τέσσερα (4) φυτά ανά μεταχείριση, δηλαδή ένα από κάθε Block.

Η επίδραση του περιθωρίου εξαλείφθηκε με την επιλογή φυτών από τις τρεις (3) εσωτερικές διπλές γραμμές φύτευσης και την μία εσωτερική γραμμή της εξωτερικής

γραμμής, καθώς επίσης και από την επιλογή φυτών μετά το πέμπτο φυτό από την αρχή και το τέλος της γραμμής. Τα φυτά που επιλέχθηκαν ήταν κατόπιν κληρώσεως.

#### 4.5. Εγκατάσταση της Καλλιέργειας

Πριν πραγματοποιηθεί η μεταφύτευση προηγήθηκε προετοιμασία του εδάφους, κατασκευή του αρδευτικού δικτύου και εγκατάσταση των διχτύων στις μεταλλικές κατασκευές των διχτυοκηπίων.



**Εικόνα 16.** Η μεταλλική κατασκευή του διχτυοκηπίου.

Εντός των πειραματικών διχτυοκηπίων εγκαταστάθηκε καλλιέργεια πράσινης γλυκιάς πιπεριάς *Capsicum annuum* var. *Dolmi*. Τα φυτά μεταφύτευτηκαν στον πειραματικό αγρό σε όλο το μήκος των διπλών γραμμών ανά μεταχείριση. Η πειραματική διαδικασία ξεκίνησε τυπικά από την ημέρα της μεταφύτευσης φυτών στις 31 Μαΐου 2011. Η καλλιεργητική περίοδος είχε διάρκεια έως τις 31 Οκτωβρίου 2011.



**Εικόνα 17.** Η ημέρα της μεταφύτευσης των φυτών στις 31 Μαΐου.

## **4.6. Καλλιεργητική Τεχνική**

### **4.6.1. Προετοιμασία Πειραματικού Αγρού**

Για την εγκατάσταση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε κατεργασία του εδάφους. Στις 24 Μαΐου 2011 έγινε άροση σε βάθος 30 cm και ακολούθησε φρεζάρισμα στις 25 και 26 Μαΐου 2011. Στη συνέχεια το έδαφος στο εσωτερικό των μεταχειρίσεων καλύφθηκε με μαύρο ύφασμα εδαφοκάλυψης για την αποφυγή ζιζανιοκτόνων και πολλών σκαλισμάτων. Η λίπανση που ήταν απαραίτητη για τα φυτά της πιπεριάς δινόταν μέσω της άρδευσης.



**Εικόνα 18.** Η κατεργασία του εδάφους του πειραματικού αγρού πριν τη κάλυψη με μαύρο ύφασμα.

### **4.6.2. Κλάδεμα**

Η καλλιέργεια έμεινε ακλάδευτη σύμφωνα με το «ισπανικό σύστημα». Στις 6 Ιουλίου 2011 αφαιρέθηκαν όλα τα κατώτερα φύλλα μέχρι την πρώτη διακλάδωση.

### **4.6.3. Υποστήλωση**

Για την υποστήλωση των φυτών χρησιμοποιήθηκε σπάγκος όπου δέθηκε σε υπερκείμενα της καλλιέργειας συρματόσχοινα.

**Εικόνα 19.** Υποστήλωση της καλλιέργειας.





#### **4.6.4. Γονιμοποίηση**

Για τη γονιμοποίηση εγκαταστάθηκε στις 11 Αυγούστου 2011, μία κυψέλη του εντόμου *bombus terrestris* (βομβύνος), η οποία μετακινούταν κάθε δύο ημέρες από διχτυοκήπιο σε διχτυοκήπιο, μέχρι το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.



**Εικόνα 20.** Βομβίνος τη στιγμή γονιμοποίησης του άνθους της πιπεριάς.

#### **4.6.5. Άρδευση**

Η άρδευση της καλλιέργειας γινόταν με το σύστημα της στάγδην άρδευσης μέσω κεφαλής υδροπονίας με παροχή σταλακτών  $2 \text{ L.h}^{-1}$ . Η άρδευση γινόταν για κάθε μεταχείριση ξεχωριστά, σύμφωνα με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κάθε διχτυοκηπίου.

#### **4.6.6. Ζιζανιοκτονία**

Η καταπολέμηση των ζιζανίων που εμφανίζονταν γύρω από το στέλεχος των φυτών αφαιρούνταν με το χέρι, καθώς μεταξύ των γραμμών και επί της γραμμής το έδαφος ήταν καλλυμένο με αδιαφανές μαύρο πλαστικό.

#### **4.6.7. Φυτοπροστασία**

Η φυτοπροστασία γινόταν προληπτικά και σύμφωνα με την κοινώς εφαρμοζόμενη πρακτική.

#### **4.6.8. Συγκομιδή Καρπών**

Η συγκομιδή των καρπών γινόταν δύο φορές την εβδομάδα κατά μέσο όρο, όταν οι καρποί είχαν το ώριμο ανοιχτό πράσινο χρώμα και βρίσκονταν στο κατάλληλο μέγεθος.



**Εικόνα 21.** Κατάλληλο χρώμα συγκομιδής των καρπών σε όλες τις μεταχειρίσεις.

#### **4.7. Κλιματικές Μετρήσεις**

Για τον προσδιορισμό των παραμέτρων του μικροκλίματος των διχτυοκηπίων έγιναν οι απαραίτητες μετρήσεις ούτως ώστε να αποτυπωθεί το μικροκλίμα των διχτυοκηπίων και να προσδιοριστεί η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού και ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν έως και τις 31 Οκτωβρίου 2011 και αφορούσαν μετρήσεις κλιματικών παραμέτρων μέσα και έξω από τα διχτυοκήπια. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι παρακάτω και έγιναν με τα ανάλογα όργανα μετρήσεων.

#### **4.7.1. Όργανα Μέτρησης Ηλιακής Ακτινοβολίας**

Για την μέτρηση της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε όλες τις μεταχειρίσεις χρησιμοποιήθηκε το πυρανόμετρο Kipp & Zonen SP Lite με ασύρματο πομπό. Το συγκεκριμένο όργανο κατέγραφε τα δεδομένα απ' ευθείας στον υπολογιστή, εφόσον η απόσταση πομπού-δέκτη είναι 50-100m. Το ύψος τοποθέτησης του οργάνου ήταν 2,40m από την επιφάνεια του εδάφους.

#### **4.7.2. Όργανα Μέτρησης Θερμοκρασίας και Υγρασίας**

Για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας που επικρατούσαν σε καθεμία μεταχείριση χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα όργανα:

- i) Wisensys wireless RH/ Temp.
- ii) HOBO H8 Pro RH/ Temp.Logger.

Το Wisensys και HOBO H8 Pro τοποθετήθηκαν σε ύψος 1,50m και 0,50m-2,50m, αντίστοιχα από την επιφάνεια του εδάφους.

#### **4.7.3. Όργανα Μέτρησης Κατανάλωσης Νερού**

Για τον προσδιορισμό της κατανάλωσης νερού χρησιμοποιήθηκαν υδρόμετρα.

#### **4.7.4. Καταγραφή Δεδομένων**

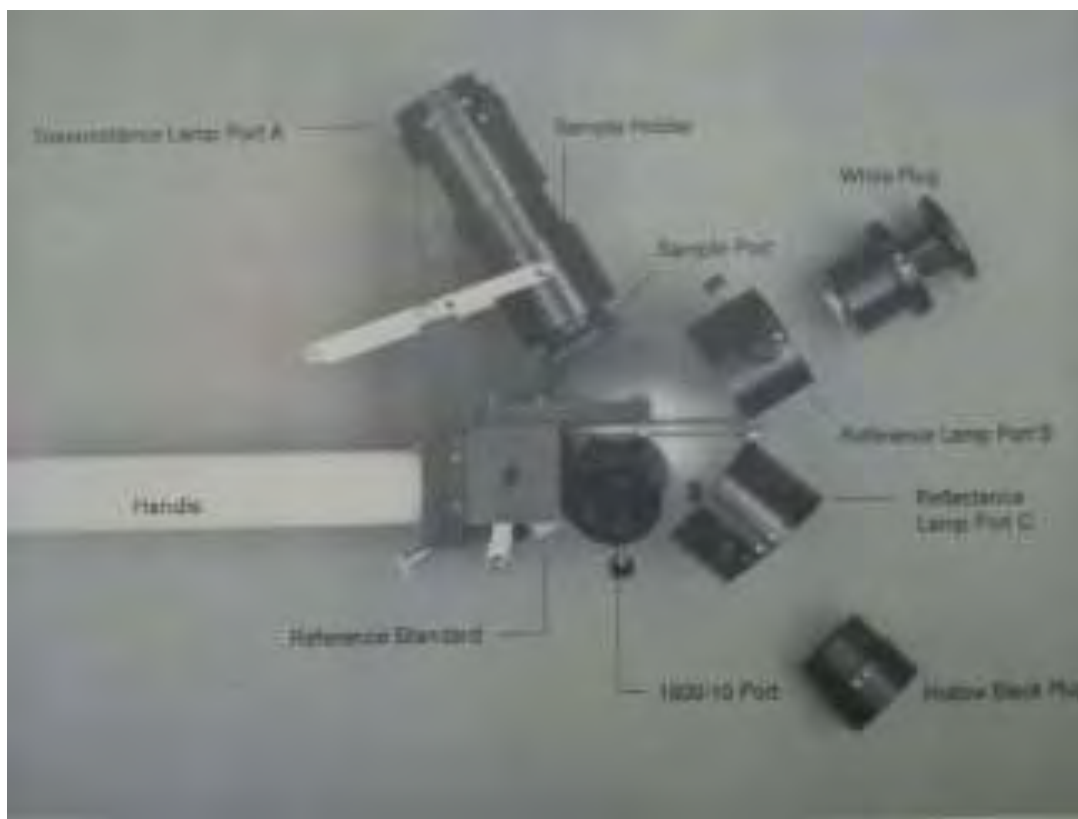
Για την καταγραφή των μετρήσεων που διεξάγονταν για την καθαρή ηλιακή ακτινοβολία, τη θερμοκρασία των φύλλων, τη διαπνοή, την ταχύτητα του ανέμου, τη ροή ενέργειας στο έδαφος και την κατανάλωση νερού, χρησιμοποιήθηκε σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων (*data logger*) DL3000 της Delta-T Devices.

### **4.8. Εργαστηριακές μετρήσεις**

Στο εργαστήριο καθορίστηκαν οι οπτικές ιδιότητες των διχτύων σκίασης:

1. Περαιτότητα (%).
2. Αντανάκλαση (%).
3. Απορροφητικότητα (%).

Με την χρήση ενός φορητού φασματοραδιομέτρου (LICOR 1800) και της σφαίρας ολοκλήρωσης, μετρήθηκε η ακτινοβολία μιας φωτεινής πηγής, η οποία διέρχονταν διαμέσω των διχτύων. Η μέτρηση έγινε για εύρος φάσματος 400 έως 1100nm και για διαστήματα των 2nm.



**Εικόνα 22.** Η σφαίρα ολοκλήρωσης.

Η σφαίρα ολοκλήρωσης είχε (πέντε) θύρες (εικόνα 9). Στις τρεις, A, B και C, είχε τη δυνατότητα να προσαρμόζεται η λάμπα, στη τέταρτη προσαρμόζονταν μόνιμα η μονάδα αναφοράς και στη πέμπτη, επίσης μόνιμα ο αισθητήρας του οργάνου.

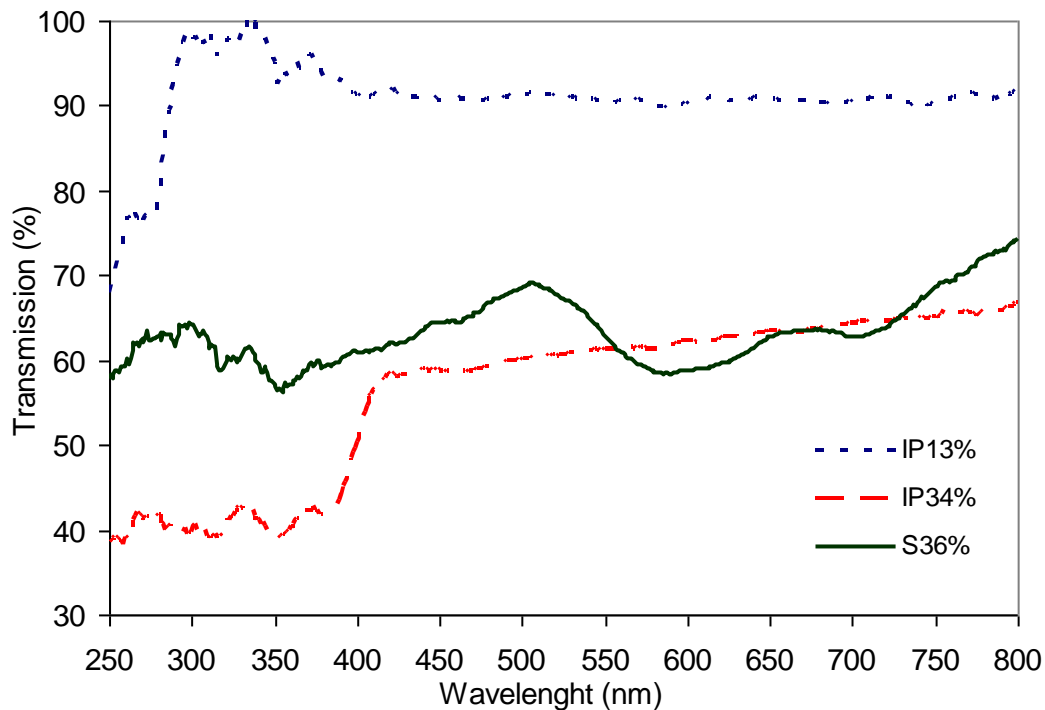
Η μονάδα αναφοράς (reference standard) ήταν ένα κοίλο δισκίο γεμάτο με σκόνη θειικό βάριο (barium sulfate). Κάθε φορά που γινόταν μια μέτρηση τοποθετούνταν σε ανάλογη θύρα (A,B,C) η λάμπα. Ένα μικρό κομμάτι διχτυού προσαρμόζεται ή όχι ανάλογα με την μέτρηση πάνω στη θύρα A. Οι θύρες A,B και C, είχαν στα πλάγια τους χρωματιστές βούλες. Όταν προσαρμοζόταν κάποιο μέρος του εξοπλισμού (λάμπα, κοίλο μαύρο καπάκι, λευκή τάπα) σε μια θύρα έπρεπε να ευθυγραμμίζονται οι χρωματιστές βούλες αυτού με εκείνες της θύρας.

Στις μετρήσεις στο εργαστήριο υπολογίστηκε η διαπερατότητα των δίχτυων για όλες τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση και διαπιστώθηκε ότι τα ενομοστεγανά δίχτυα σκίασης IP13% και IP34%, έχουν περατότητα στη συνολική ηλιακή ακτινοβολία 88% και 66%, αντίστοιχα. Ενώ το δίχτυ σκίασης S36% έχει 66%, όσο δηλαδή και το IP34%. Η διαπερατότητα των δίχτυων στη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία (PAR) υπολογίστηκε στο 64% για το δίχτυ IP34%, στο 88% για το δίχτυ IP13% και στο 60% για το δίχτυ S36%. Τέλος η διαπερατότητα στο κοντινό υπέρυθρο (NIR) για τα δίχτυα IP13%, IP34% και S36% υπολογίστηκε 87%, 70% και 71%, αντίστοιχα. Στον Πίνακα 4 που ακολουθεί συνοψίζονται η διαπερατότητα κάθε δίχτυου στην συνολική, τη φωτοσυνθετικά ενεργή και στο κοντινό υπέρυθρο ακτινοβολία.

**Πίνακας 4.** Η διαπερατότητα κάθε δίχτυου στη total, τη PAR και τη NIR ακτινοβολία.

	<b>IP34%</b>	<b>IP13%</b>	<b>S36%</b>
<b>Total(350-1100nm)</b>	<b>0,66</b>	<b>0,88</b>	<b>0,66</b>
<b>PAR (400-700nm)</b>	<b>0,64</b>	<b>0,88</b>	<b>0,60</b>
<b>NIR (700-1100nm)</b>	<b>0,70</b>	<b>0,87</b>	<b>0,71</b>

Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζεται η καμπύλη διαπερατότητας σε όλο το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας, για κάθε δίχτυ σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.



**Γράφημα 1.** Η πορεία των καμπυλών διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε δίχτυ σκίασης όπως υπολογίστηκε από τα Πλαστικά Κρήτης ABEE.

Παρατηρείται για το δίχτυ IP34% ότι τόσο στο φάσμα της ορατής ακτινοβολίας, όσο και στο φάσμα του υπέρυθρου, η διαπερατότητα συνεχώς αυξάνεται. Επίσης φαίνεται να αυξάνεται η διαπερατότητα και στο φάσμα της UVA και UVB ακτινοβολίας (350-450nm), κάτι που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της εισερχόμενης UVA και UVB, επομένως και τη μείωση της ορατότητας των εντόμων. Το δίχτυ σκίασης S36% παρουσιάζει μείωση της διαπερατότητας στο πράσινο, κίτρινο και πορτοκαλί φως, ενώ παρατηρείται αύξηση στο κόκκινο φως, δηλαδή μειώνει το ποσοστό του κόκκινου φωτός που εισέρχεται στο διχτυοκήπιο και αυξάνει το ποσοστό του πράσινου φωτός. Το δίχτυ σκίασης IP13% φαίνεται να παρουσιάζει υψηλή διαπερατότητα στη UV ακτινοβολία και σταθερή διαπερατότητα στην ορατή ακτινοβολία και στην υπέρυθρη. Επομένως και σε αυτό το δίχτυ παρατηρείται φωτοεκλεκτικότητα, όπως και στο IP34%.

#### **4.9. Αγρονομικές Μετρήσεις**

Αύξηση ενός φυτού ορίζεται η αύξηση της βιομάζας του ή των διαστάσεων του. Είναι δηλαδή ποσοτικός όρος. Ανάπτυξη ορίζεται η εξέλιξη ενός φυτού προς μια πιο σύνθετη κατάσταση. Δεν είναι όμως μόνο η μετάβαση του από τη νεότητα στην ωριμότητα, αλλά και ο σχηματισμός και η εξέλιξη νέων οργάνων και η ωρίμανση αυτών. Είναι δηλαδή περισσότερο ποιοτικός παρά ποσοτικός όρος.

Οι αγρονομικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πείραμα ήταν δύο ειδών. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον αγρό (μη καταστροφικές μετρήσεις) και μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο (καταστροφικές μετρήσεις και μετρήσεις παραγωγικότητας). Σε κάθε είδος καταγράφονταν μια σειρά από μεγέθη, μέσω των οποίων περιγράφηκε η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών.

Οι εργαστηριακές μετρήσεις αφορούσαν:

- ✓ Την αύξηση και την ανάπτυξη ολόκληρων φυτών, τα οποία απομακρύνονταν από τον πειραματικό αγρό σε προγραμματισμένες ημερομηνίες (καταστροφικές μετρήσεις) και
- ✓ Την συγκομισθείσα παραγωγή ώριμων καρπών (μετρήσεις) παραγωγικότητας τόσο από φυτά των καταστροφικών όσο και από φυτά μη καταστροφικών μετρήσεων. Πραγματοποιήθηκαν 19 συγκομιδές κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Οι μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το παρακάτω πρόγραμμα των Πινάκων 5 & 6:

***Πίνακας 5 & 6. Πρόγραμμα μετρήσεων αύξησης και ανάπτυξης.***

Μη καταστροφικές	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	D.A.T.
29/6/2011	29
6/7/2011	36
20/7/2011	50
3/8/2011	64
17/8/2011	78
31/8/2011	92
14/9/2011	106
28/9/2011	120
11/10/2011	134
25/10/201	148

Καταστροφικές	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	D.A.T.
29/6/2011	29
21/7/2011	51
10/8/2011	71
1/9/2011	93
20/9/2011	112
26/10/2011	149

*D.A.T.: Ημέρες μετά την μεταφύτευση.*

#### **4.9.1. Μετρήσεις στον Αγρό (Μη Καταστροφικές Μετρήσεις)**

Για την πραγματοποίηση των αγρονομικών μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν οχτώ τυχαία φυτά από κάθε μεταχείριση κι έλαβαν χώρα δέκα (10) μετρήσεις, με συχνότητα μέτρησης δύο εβδομάδων. Στις αγρονομικές μετρήσεις για να αποφανθούμε εάν υπάρχει στατιστικός σημαντική διαφορά χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS και πιο συγκεκριμένα η εφαρμογή Repaired Measures και το κριτήριο Duncan. Όμως εκτός των άλλων, στις αγρονομικές μετρήσεις προσπαθήθηκε να προσδιοριστεί εάν υπάρχει κάποια στατιστικώς σημαντική επίδραση του Block μέσα στην ίδια μεταχείριση. Σε κάθε μεταχείριση καταγράφονταν:

- ✓ Ύψος φυτού.
- ✓ Αριθμός φύλλων ανά βραχίονα.
- ✓ Αριθμός κλειστών ανθέων.
- ✓ Αριθμός ανοιχτών ανθέων.
- ✓ Αριθμός καρπών.



**Εικόνα 23.** Κατά τη διάρκεια αγρονομικής μέτρησης.

#### **4.9.2. Μετρήσεις στο Εργαστήριο (Μετρήσεις Καταστροφικές και Παραγωγικότητας)**

Για την πραγματοποίηση των καταστροφικών μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα τυχαία φυτά από κάθε μεταχείριση ανά μέτρηση κι έλαβαν χώρα έξι (6) μετρήσεις, με συχνότητα μέτρησης τριών εβδομάδων. Στις καταστροφικές μετρήσεις για να



αποφανθούμε εάν υπάρχει στατιστική σημαντική διαφορά χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS και πιο συγκεκριμένα η εφαρμογή Repaired Measures και το κριτήριο Duncan.

#### **4.9.2.1 .Αύξησης και Ανάπτυξης (Καταστροφικές μετρήσεις)**

Τις ημέρες όπου γίνονταν καταστροφικές μετρήσεις καταγράφονταν:

- ✓ Όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιούνταν και στα φυτά των μη καταστροφικών μετρήσεων, δηλαδή ύψος, αριθμός φύλλων, ανθέων κ.α., καθώς επίσης και το μήκος του βλαστού ως την πρώτη διακλάδωση.
- ✓ Νωπό βάρος στελεχών, φύλλων, καρπών, κορυφών, λαίμαργων και δεμένων καρπών.
- ✓ Ξηρό βάρος στελεχών, φύλλων, καρπών, κορυφών, λαίμαργων και δεμένων καρπών.
- ✓ Από δείγμα αρκετών φύλλων μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος σε cm.
- ✓ Μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας σε mm<sup>2</sup> των καταστροφικών φυτών.



**Εικόνα 24.** Τα μέρη του φυτού πριν τη τοποθέτηση στο ξηραντήριο (καταστροφική μέτρηση).

Από τα δείγματα των φύλλων που συλλέχθηκαν από τα φυτά για τις καταστροφικές μετρήσεις μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος με τη χρήση χάρτινης μετροταινίας. Έπειτα με τη χρήση συσκευής σάρωσης (scanner) και ειδικού λογισμικού (Delta- T-Scan) μετρήθηκε η φυλλική επιφάνειά. Εν συνεχεία, εφαρμόστηκε γραμμική παλινδρόμηση και προσδιορίστηκε η σχέση που συνδέει το Πλάτος, το γινόμενο

Μήκος  $x$  Πλάτος κάθε φύλλου, καθώς και ο Αριθμός των φύλλων με τη φυλλική επιφάνεια. Για κάθε μεταχείριση υπολογίστηκε διαφορετική σχέση. Όλες οι σχέσεις ήταν της μορφής:  $y = ax + b$ .

#### **4.9.2.2. Παραγωγής Ωριμων Καρπών (Μετρήσεις Παραγωγικότητας)**

- ✓ Νωπό βάρος ώριμων καρπών (g) για φυτά *μη καταστροφικών* μετρήσεων.
- ✓ Νωπό και ξηρό βάρος ώριμων καρπών (g) για φυτά *καταστροφικών* μετρήσεων.
- ✓ Παρατηρήσεις φυσιολογικών ανωμαλιών όπως: ηλιακό έγκαυμα, ξηρή σήψη κορυφής, τροφοπενία φωσφόρου.
- ✓ Παρατηρήσεις εντομολογικών προσβολών όπως: θρίπας και πράσινο σκουλήκι.

#### **4.9.3. Υπολογισμοί Παραμέτρων Αύξησης και Ανάπτυξης**

##### **4.9.3.1. Φυλλική Επιφάνεια**

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας του φύλλου προέκυψε από τον τύπο:

$$L.A.I. = L.A. * 1,8$$

Όπου: L.A. = φυλλική επιφάνεια  
1,8 = πυκνότητα φυτών / m<sup>2</sup>

Η φυλλική επιφάνεια (L.A) υπολογίστηκε με τη χρήση συσκευής σάρωσης (scanner) και ειδικού λογισμικού (Delta- T-Scan)Scanner για κάθε φυτό των καταστροφικών μετρήσεων.



**Εικόνα 25.** Άποψη της καλλιέργειας στο S36% διχτυοκήπιο.



**Εικόνα 26.** Άποψη της καλλιέργειας στο IP13% διχτυοκήπιο.



**Εικόνα 27.** Άποψη της καλλιέργειας στο IP34% διχτυοκήπιο.



**Εικόνα 28.** Άποψη της καλλιέργειας στον Cont.

#### **4.9.3.2. Συνολική Ξηρά Ουσία και Κατανομή αυτής στους Φυτικούς Ιστούς**

Από τα ξηρά βάρη των φυτικών μερών που μετρήθηκαν κατά τη διενέργεια των καταστροφικών μετρήσεων άλλα και από τα ξηρά βάρη των συγκομισθέντων καρπών στα καταστροφικά φυτά, υπολογίστηκε η συνολική παραγωγή ξηράς ουσίας από τα φυτά όλων των μεταχειρίσεων και η κατανομή της στους φυτικούς ιστούς, εκφρασμένη ως ξηρό βάρος (g) και ως ποσοστό % της συνολικά παραχθείσας ξηράς ουσίας.

#### **4.9.3.3. Λόγος Ξηράς Ουσίας Στελεχών / Φύλλων**

Από τα ξηρά βάρη των στελεχών και των φύλλων των καταστροφικών φυτών όλων των μεταχειρίσεων, υπολογίστηκε ο λόγος της ξηράς ουσίας στελεχών/φύλλα.

#### **4.9.3.4. Λόγος Ξηρού Βάρους / Συνολικής Ξηράς Ουσίας**

Από τα ξηρά βάρη των στελεχών, των φύλλων και των καρπών των καταστροφικών φυτών όλων των μεταχειρίσεων, υπολογίστηκε ο λόγος του ξηρού βάρους στελεχών/συνολική ξηρά ουσία, του ξηρού βάρους φύλλων/συνολική ξηρά ουσία και του ξηρού βάρους καρπών/συνολική ξηρά ουσία.

#### **4.9.3.5. Λόγος Νωπού Βάρους / Ξηρού Βάρους**

Από τα νωπά και ξηρά βάρη των στελεχών, των φύλλων και των καρπών των καταστροφικών φυτών όλων των μεταχειρίσεων, υπολογίστηκε ο λόγος του νωπού βάρους στελεχών/ξηρού βάρους στελεχών, του νωπού βάρους φύλλων/ξηρού βάρους φύλλων και του νωπού βάρους καρπών/ξηρού βάρους καρπών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

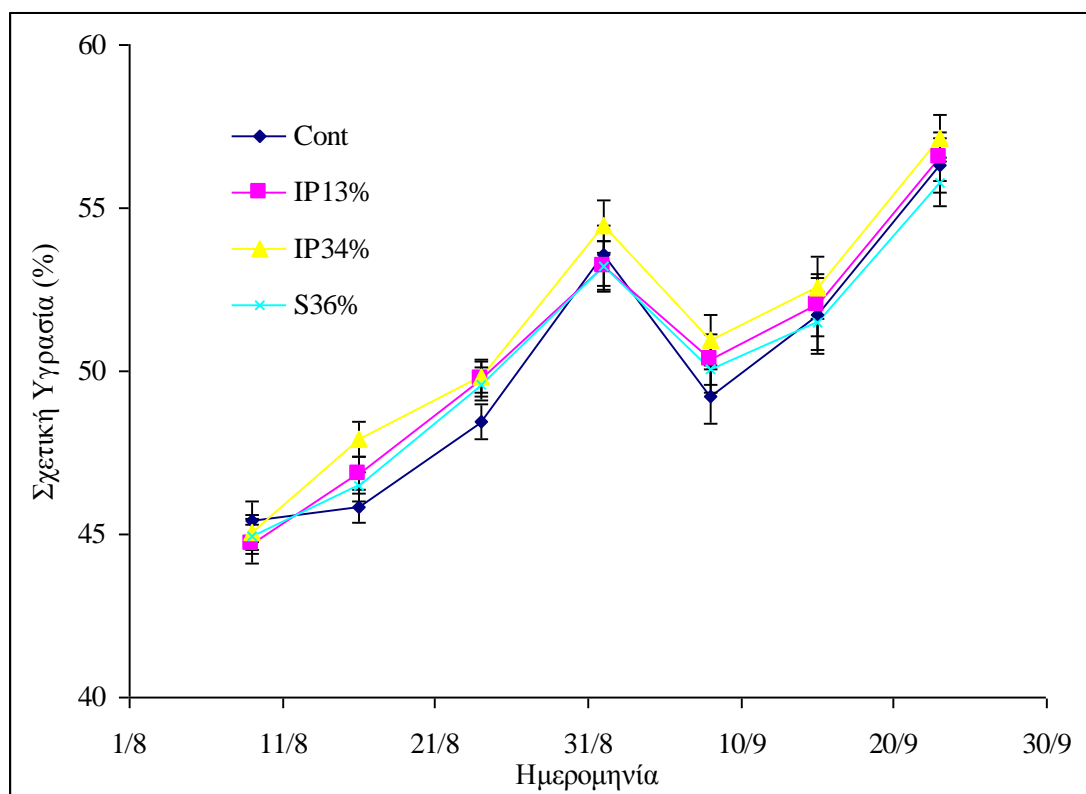
### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 5.1. Κλιματικές Συνθήκες κατά τη διάρκεια του πειράματος

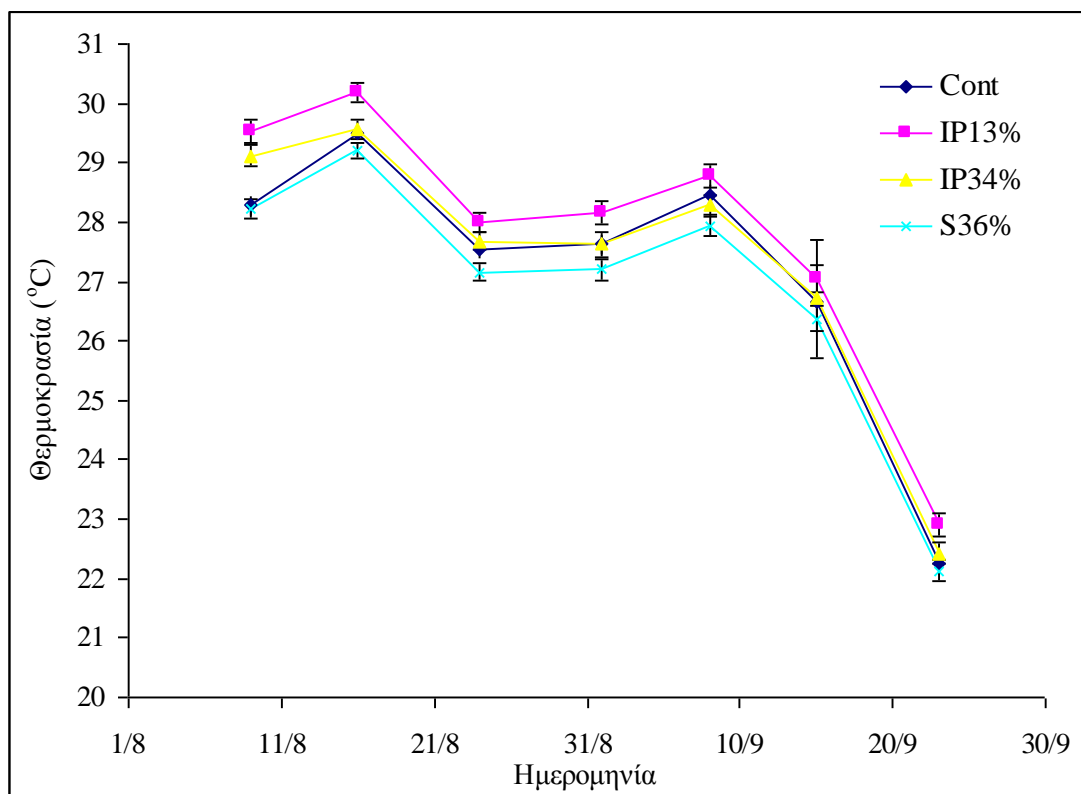
Στα Σχήματα 1, 2, 3 και 4 που παρουσιάζονται οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο στα τρία διχτυοκήπια και στον ανοιχτό αγρό..

Στο διχτυοκήπιο IP34% η σχετική υγρασία του αέρα (Σχ.1) φαίνεται υψηλότερη από τις άλλες μεταχειρίσεις ενώ η χαμηλότερη παρουσιάζεται στον μάρτυρα (Cont). Περίπου στα ίδια επίπεδα φαίνεται η σχετική υγρασία στα IP13% και S36%.

Στο διχτυοκήπιο IP13% η θερμοκρασία του αέρα (Σχ.2) φαίνεται υψηλότερη από τις άλλες μεταχειρίσεις ενώ η χαμηλότερη παρουσιάζεται στο S36%. Στα ίδια επίπεδα κυμαίνεται η θερμοκρασία στο IP34% και στον μάρτυρα (Cont).

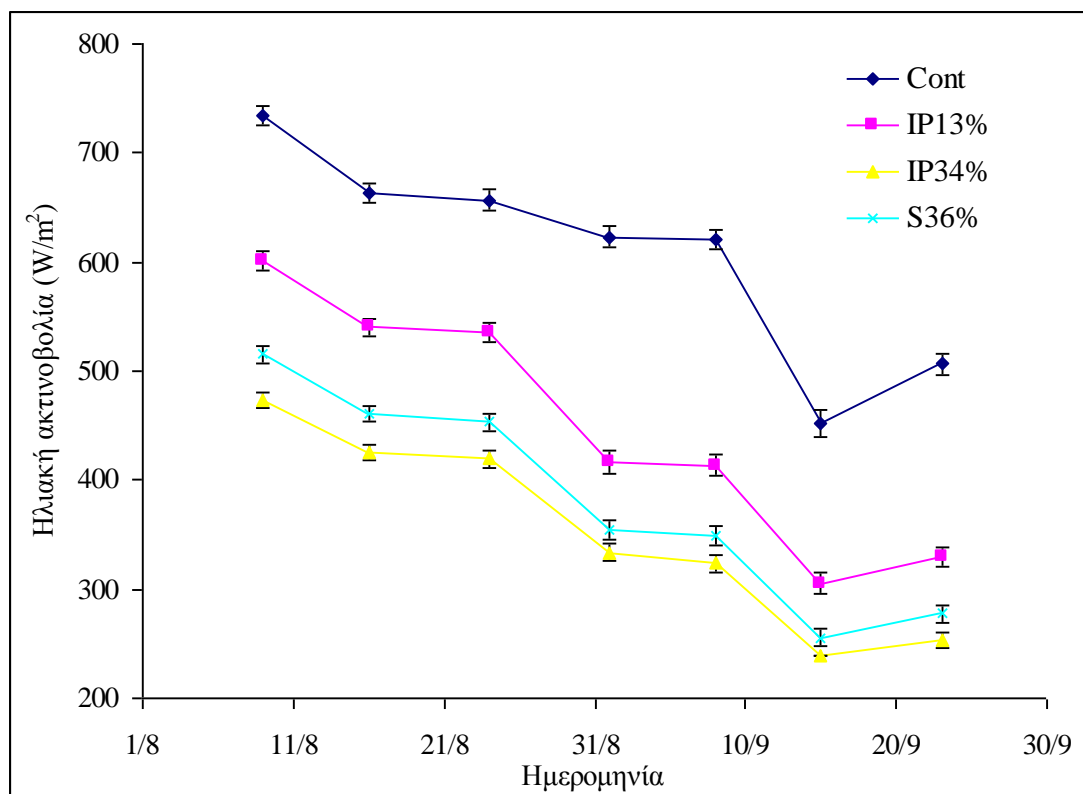


**Σχήμα 1.** Η εξέλιξη της σχετικής υγρασίας σε όλες τις μεταχειρίσεις τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο.



**Σχήμα 2.** Η εξέλιξη της θερμοκρασίας σε όλες τις μεταχειρίσεις τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο.

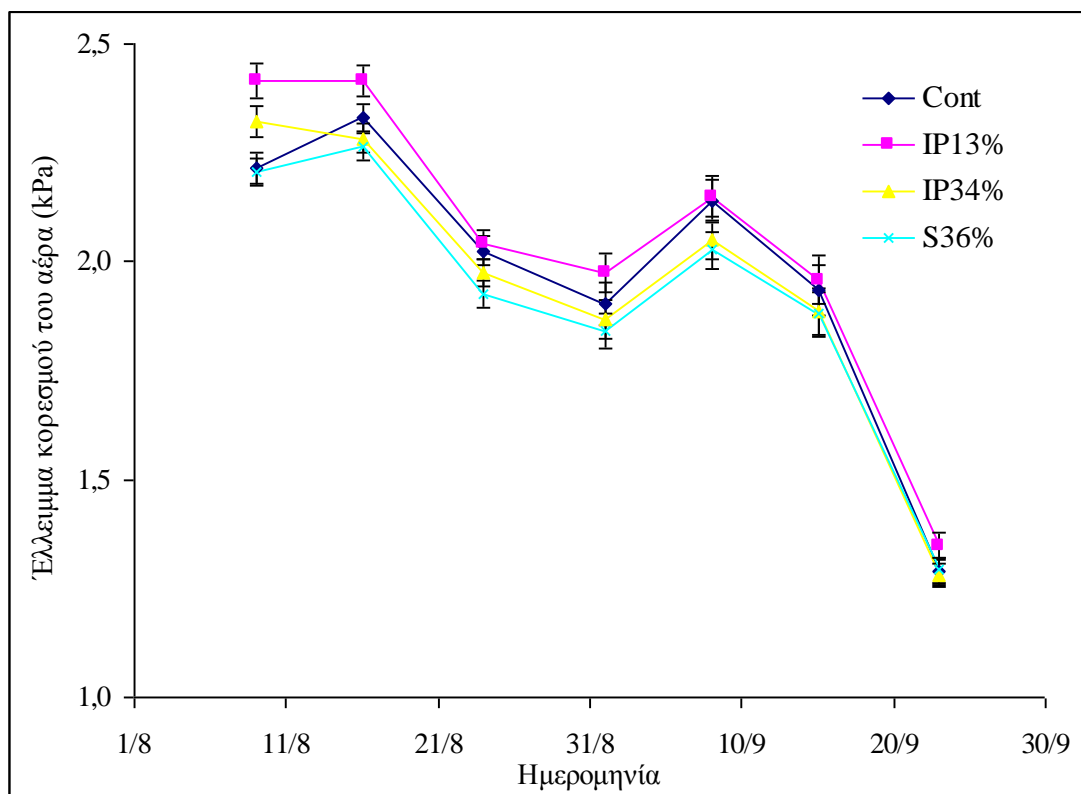
Η ηλιακή ακτινοβολία (Σχ.3) παρουσιάζει σε όλες τις μεταχειρίσεις μία πτωτική τάση από τον Αύγουστο προς τον Σεπτέμβριο. Όπως φαίνεται (Σχ.3) η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται ο Cont είναι κατά μέσο όρο πολύ υψηλότερη ( $608,1 \text{ W/m}^2$ ) από αυτή που δέχονται οι άλλες μεταχειρίσεις. Τα χαμηλότερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας κατά μέσο όρο ( $352,58 \text{ W/m}^2$ ) παρατηρούνται στο διχτυοκήπιο IP34%. Σε λίγο υψηλότερο επίπεδο ( $380,98 \text{ W/m}^2$ ) βρίσκεται το ποσό ακτινοβολίας που εισέρχεται στο S36% διχτυοκήπιο, ενώ σε αρκετά υψηλότερο ( $448,1 \text{ W/m}^2$ ) το IP13%.



**Σχήμα 3.** Η εξέλιξη της ηλιακής ακτινοβολίας σε όλες τις μεταχειρίσεις τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο.

Το έλλειμμα κορεσμού του αέρα παρουσιάζει σε όλες τις μεταχειρίσεις μία πτωτική τάση από τον Αύγουστο προς τον Σεπτέμβριο. Όπως φαίνεται (Σχ.4) το έλλειμμα κορεσμού του αέρα στο IP13% είναι υψηλότερο, ακολουθεί ο Cont, το IP34% και στο τέλος το S36% διχτυοκήπιο.

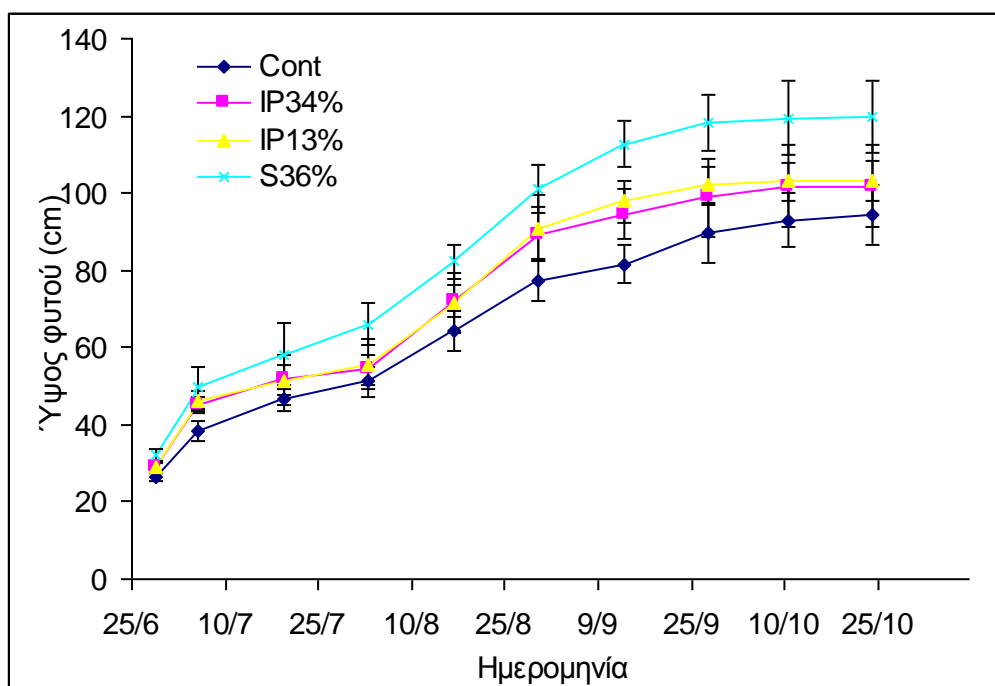




**Σχήμα 4.** Η εξέλιξη του ελλείμματος κορεσμού του αέρα σε όλες τις μεταχειρίσεις τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο.

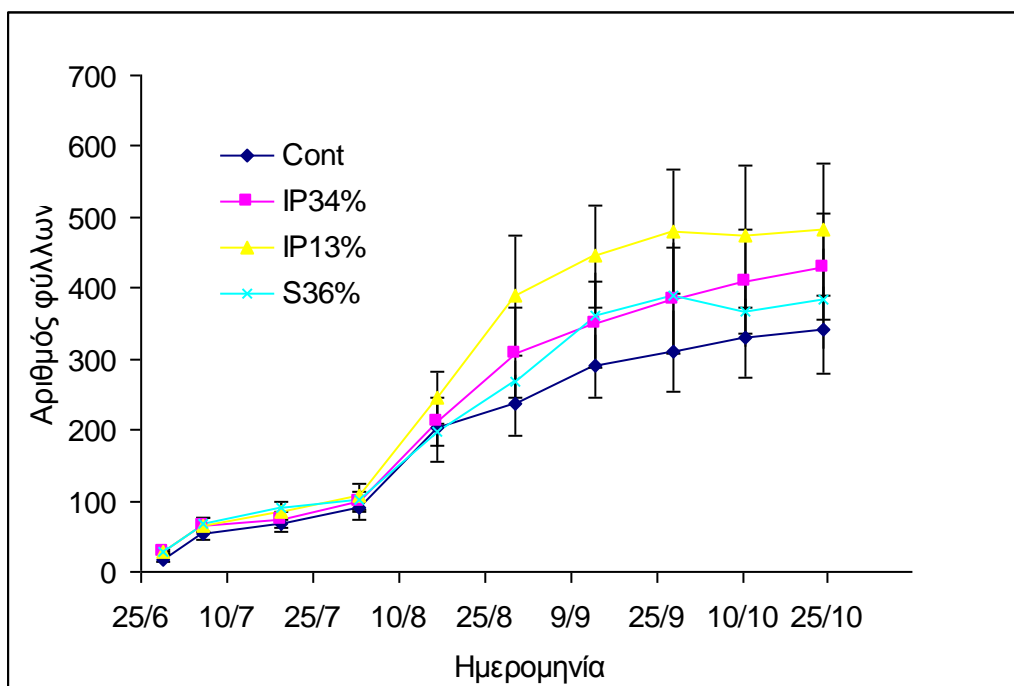
## 5.2. Μη Καταστροφικές Μετρήσεις

Οι τιμές του ύψους των φυτών όπως φαίνεται (Σχ.5) στο S36% παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά με τις τιμές του ύψους στον μάρτυρα (Cont). Ενώ οι τιμές του ύψους των φυτών στα IP13% και IP34% δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους αλλά παρουσιάζουν διαφορά με τον μάρτυρα και το S36%. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική ανάλυση. Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι δεν υπάρχει επίδραση του Block σε καμία μεταχείριση.



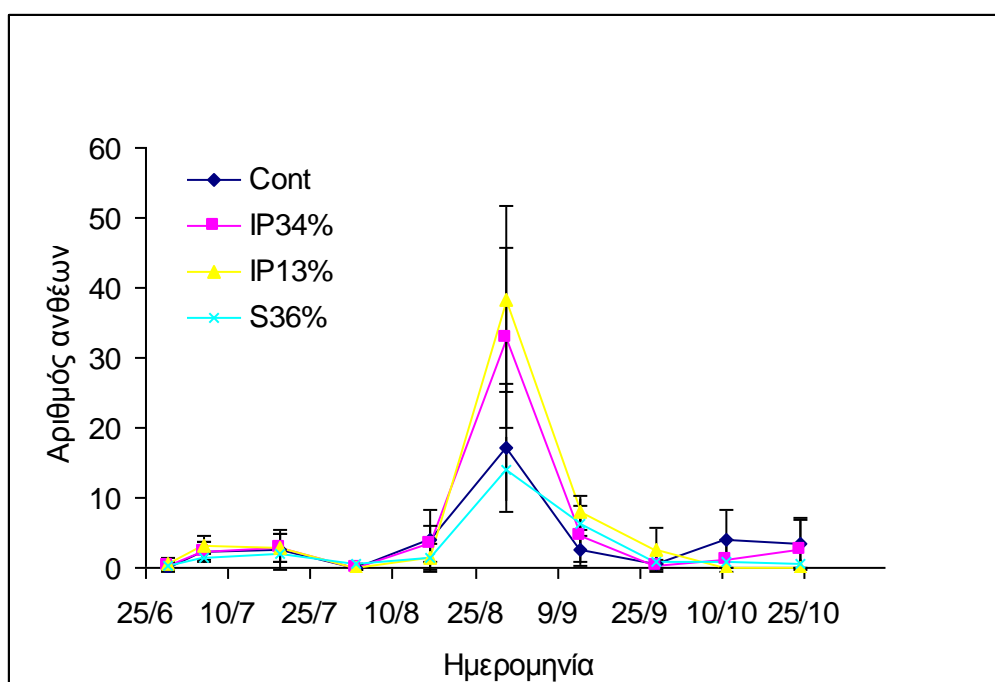
**Σχήμα 5.** Η εξέλιξη των τιμών του ύψους στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Το Σχήμα 6 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη στον αριθμό των φύλλων των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο αριθμός των φύλλων παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του IP13% και του Cont, εμφανής όμως είναι και η διαφορά του IP13% και με τ' άλλα δύο διχτυοκήπια (IP34% και S36%). Όπως φαίνεται (Σχ.6) υπάρχει μία απότομη πτώση στον αριθμό των φύλλων στο S36%. Ο μάρτυρας με το S36% δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Επιπλέον, ούτε το IP34% με το S36% δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Η στατιστική ανάλυση επιβεβαιώνει τα ανωτέρω. Όσο αφορά στην επίδραση του Block δεν παρουσιάζεται σε καμία μεταχείριση.



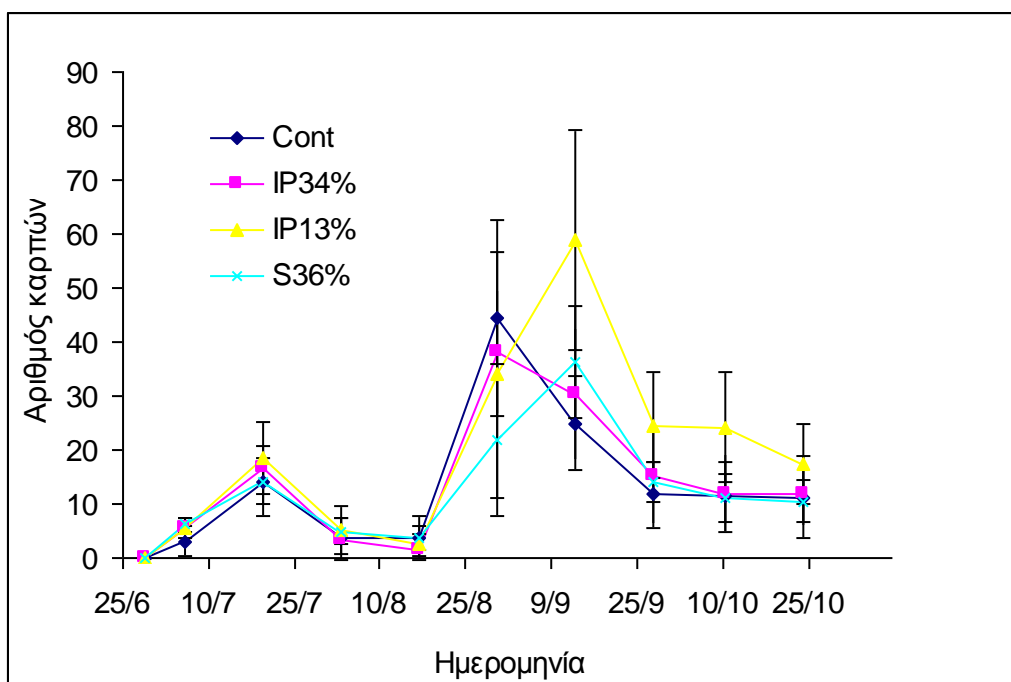
**Σχήμα 6.** Η εξέλιξη του αριθμού των φύλλων στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Ο αριθμός των ανθέων όπως φαίνεται (Σχ.7) στα IP13% και IP34% είναι υψηλότερος από τον αριθμό των ανθέων στο S36% και στον Cont. Παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά στον αριθμό των ανθέων μεταξύ των μεταχειρίσεων. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση υπάρχει επίδραση του Block στις μεταχειρίσεις όσο αφορά τον αριθμό των ανθέων.



**Σχήμα 7.** Η εξέλιξη του αριθμού των ανθέων στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Στο Σχήμα 8 που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη στον αριθμό των καρπών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο αριθμός των καρπών στα IP13% όπως φαίνεται παρουσιάζει μία σημαντική διαφορά με τις άλλες μεταχειρίσεις από τις αρχές Σεπτεμβρίου ως το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του IP13% και των μεταχειρίσεων IP34%, S36% και Cont σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση.

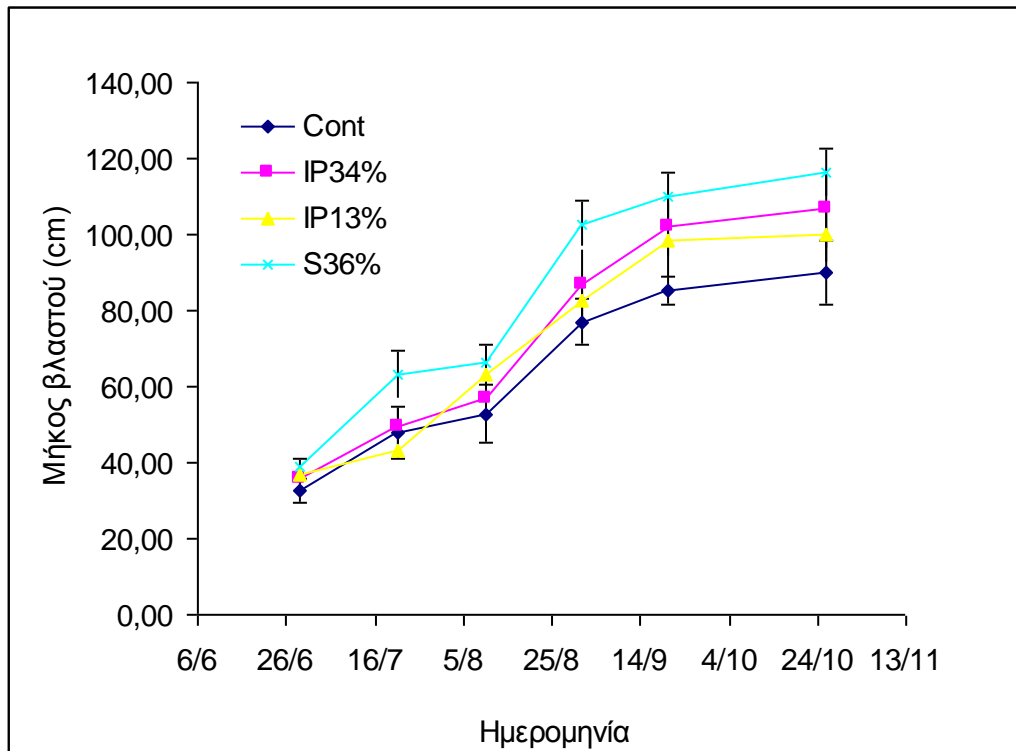


**Σχήμα 8.** Η εξέλιξη του αριθμού των καρπών στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

### 5.3. Καταστροφικές Μετρήσεις

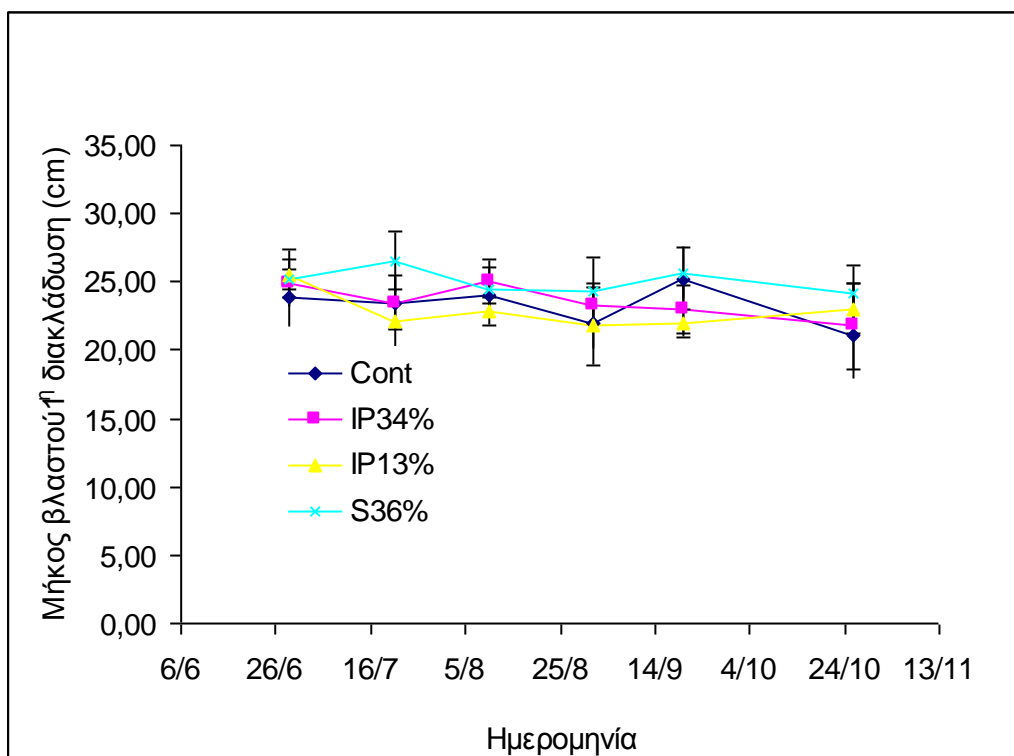
Για τον προσδιορισμό της αύξησης και της ανάπτυξης πραγματοποιήθηκαν εκτός των μετρήσεων στον αγρό και μετρήσεις στο εργαστήριο. Οι καταστροφικές μετρήσεις που έλαβαν χώρα ήταν έξι (6), σε τέσσερα φυτά ανά μεταχείριση κάθε φορά (ένα από κάθε Block), με συχνότητα μέτρησης τριών εβδομάδων. Η κοπή των στελεχών γινόταν στα 1-2cm πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα από τις παραμέτρους που μελετήθηκαν. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS και πιο συγκεκριμένα της εφαρμογής Repaired Measures και του κριτηρίου Duncan.

Στο Σχήμα 9 που ακολουθεί παρουσιάζεται το μήκος του στελέχους κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Οι τιμές του μήκους του στελέχους στο S36% παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά με τις τιμές του μήκους στον μάρτυρα (Cont). Ενώ οι τιμές του μήκους στα IP13% και IP34% δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους, αλλά παρουσιάζουν με τον μάρτυρα και το S36%. Η στατιστική ανάλυση επιβεβαιώνει τα όσα αναφέρθηκαν.



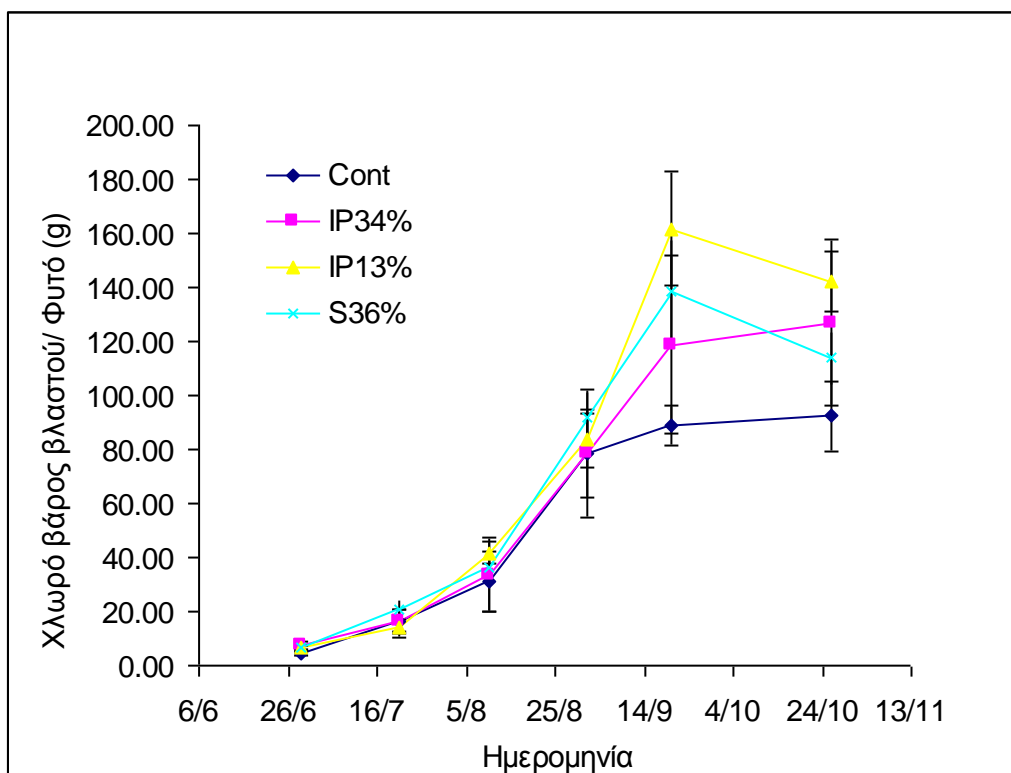
**Σχήμα 9.** Η εξέλιξη του μήκους των στελεχών στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Στο Σχήμα 10 που ακολουθεί παρουσιάζεται το μήκος του στελέχους μέχρι την 1<sup>η</sup> διακλάδωση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Οι τιμές του μήκους του στελέχους μέχρι την 1<sup>η</sup> διακλάδωση δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Ο μάρτυρας, το IP13% και IP34% δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους απ' ότι με το S36% όσο αφορά το μήκος ως τη πρώτη διακλάδωση.



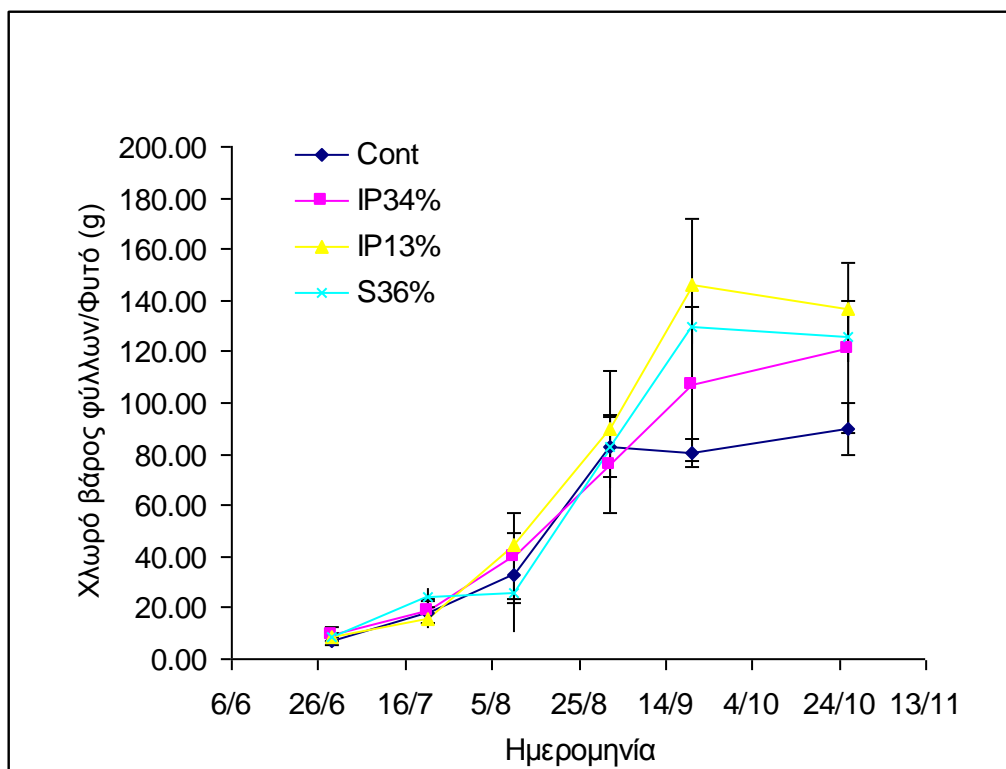
**Σχήμα 10.** Η εξέλιξη του μήκους των στελεχών μέχρι την 1<sup>η</sup> διακλάδωση στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα χλωρά βάρη των βλαστών, των φύλλων και των καρπών. Στο Σχήμα 11 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του χλωρού βάρους του βλαστού ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όπως φαίνεται (Σχ.11) ως τα τέλη Αυγούστου δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στο χλωρό βάρος του βλαστού. Στα μέσα όμως Σεπτεμβρίου υπάρχει μία σημαντική διαφοροποίηση με αποτέλεσμα το IP13% να έχει το υψηλότερο νωπό βάρος και ο Cont το χαμηλότερο. Παρατηρείται μία απότομη πτώση του χλωρού βάρους στο IP13% και στο S36%. Αντίθετα στον μάρτυρα και στο IP34% το χλωρό βάρος του βλαστού ανά φυτό αυξάνεται. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά του μάρτυρα με τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση, αλλά αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική μεταξύ του μάρτυρα και του IP34% όσο είναι με τα IP13% και S36%.



**Σχήμα 11.** Η εξέλιξη του χλωρού βάρους του βλαστού ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

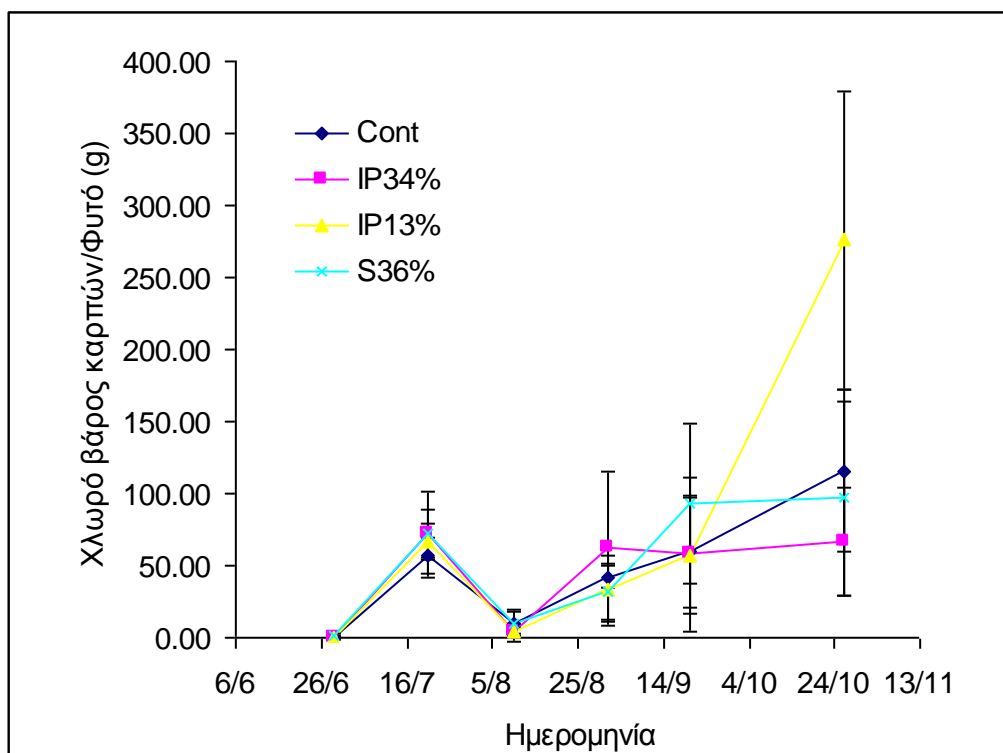
Στο Σχήμα 12 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του χλωρού βάρους των φύλλων ανά φυτό για κάθε μεταχείριση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα ως τα τέλη Αυγούστου δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στο χλωρό βάρος των φύλλων. Στα μέσα όμως Σεπτεμβρίου παρατηρείται μία σημαντική διαφοροποίηση με αποτέλεσμα το IP13% να έχει το υψηλότερο νωπό βάρος, να ακολουθεί το S36% και το IP34% και το λιγότερο χλωρό βάρος να παρουσιάζεται στα φύλλα του Cont. Ο μάρτυρας μετά τα τέλη Αυγούστου παρουσιάζει μία πτώση στο νωπό βάρος των φύλλων ενώ στις άλλες μεταχειρίσεις δεν συμβαίνει αυτό. Στο διχτυοκήπιο IP34% παρατηρείται μια συνεχόμενη αύξηση καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου όσο αφορά το χλωρό βάρος των φύλλων. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και των IP13% και S36%. Ενώ δεν παρατηρείται κάποια στατιστικώς σημαντική διαφορά με το διχτυοκήπιο IP34%.



**Σχήμα 12.** Η εξέλιξη του χλωρού βάρους των φύλλων ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

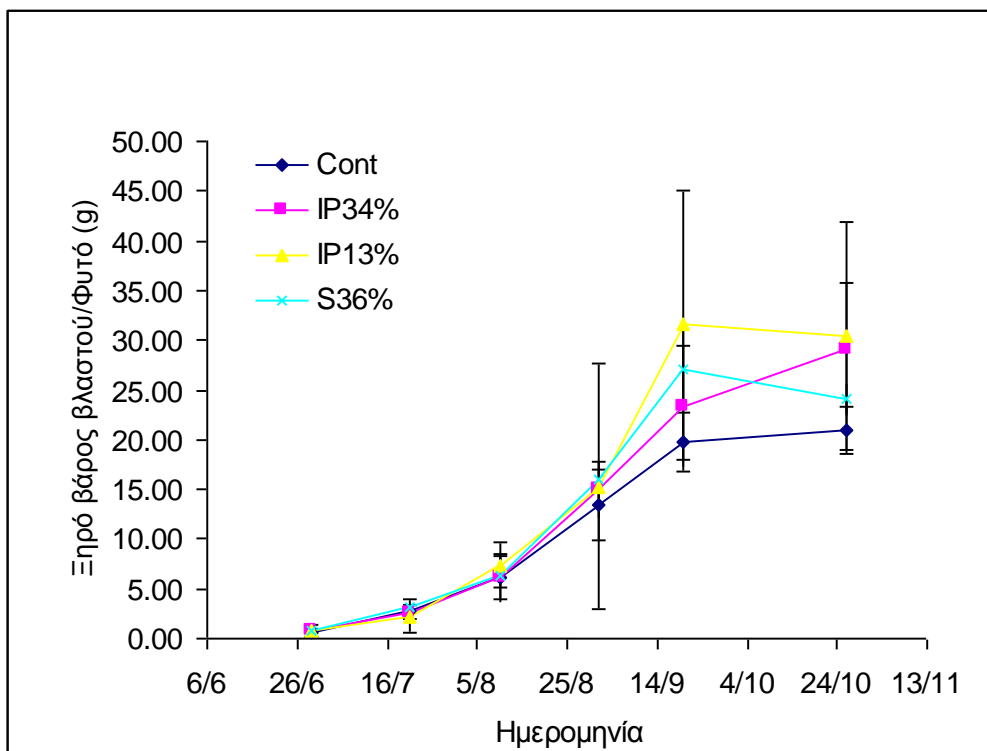
Στο Σχήμα 13 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του χλωρού βάρους των καρπών ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όπως φαίνεται (Σχ.13) ως τα τέλη Αυγούστου δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στο χλωρό βάρος των καρπών. Από τις 20 Σεπτεμβρίου παρουσιάζεται μία σημαντική διαφοροποίηση με αποτέλεσμα το IP13% να παρουσιάζει το υψηλότερο χλωρό βάρος καρπών και να ακολουθούν πολύ χαμηλότερα ο Cont, το S36% και το IP34%. Παρουσιάζεται στατιστικώς σημαντική διαφορά της μεταχείρισης IP13% με τις άλλες μεταχειρίσεις σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση.





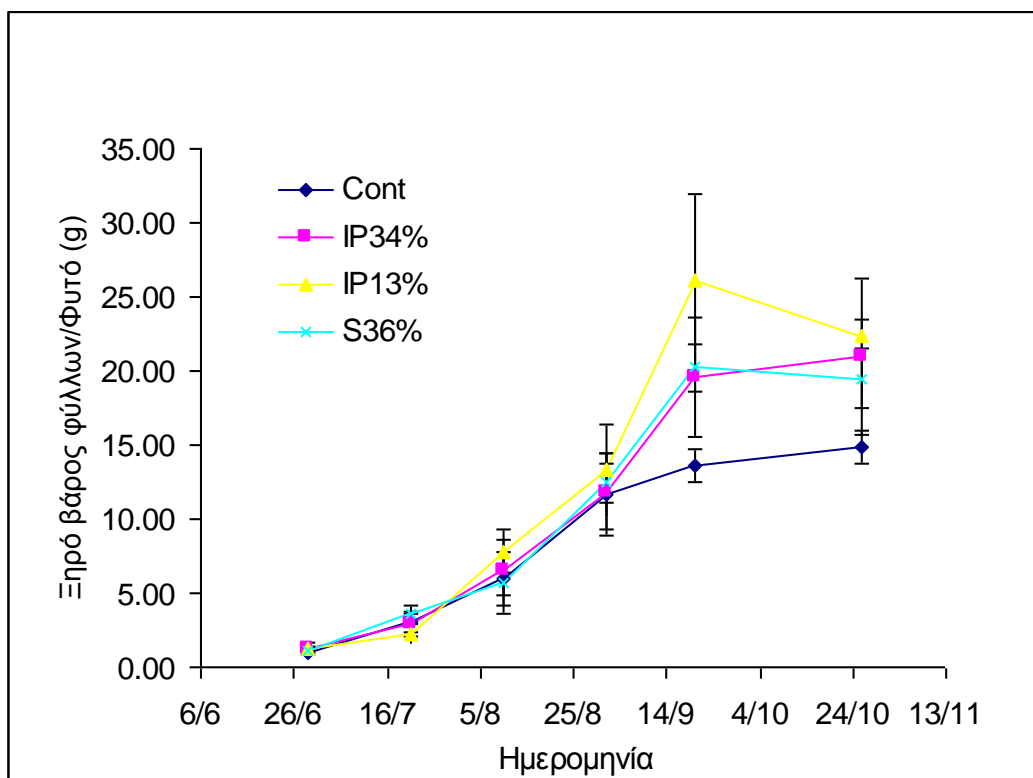
**Σχήμα 13.** Η εξέλιξη του χλωρού βάρους των καρπών ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ξηρά βάρη των στελεχών, των φύλλων και των καρπών ανά φυτό για τις τέσσερις μεταχειρίσεις. Στο Σχήμα 14 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του ξηρού βάρους του βλαστού ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα ως τα τέλη Αυγούστου δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στο ξηρό βάρος του βλαστού. Στα μέσα όμως Σεπτεμβρίου υπάρχει μία σημαντική διαφοροποίηση με αποτέλεσμα το IP13% να παρουσιάζει το υψηλότερο ξηρό βάρος και ο Cont το χαμηλότερο. Επιπρόσθετα, παρατηρείται μία απότομη πτώση του ξηρού βάρους στο IP13% και στο S36%. Αντίθετα στον μάρτυρα και στο IP34% το ξηρό βάρος του βλαστού ανά φυτό αυξάνεται. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά του μάρτυρα με τη μεταχείριση IP13%. Αυτή όμως η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική για τα IP34% και το S36% τόσο μεταξύ τους, όσο και με τον μάρτυρα και με το IP13%.



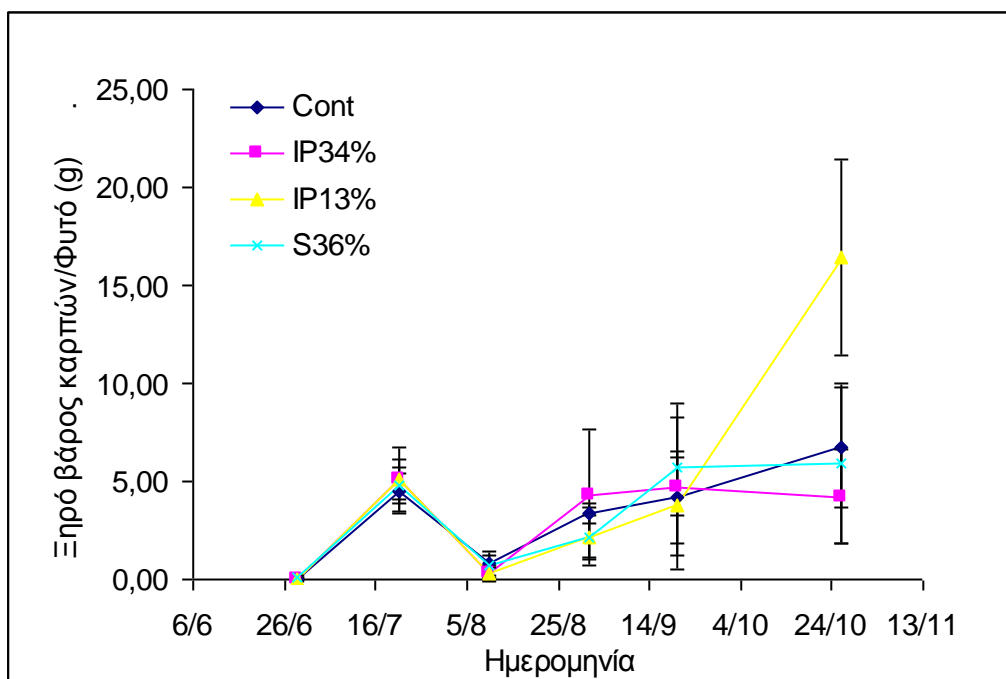
**Σχήμα 14.** Η εξέλιξη του ξηρού βάρους του βλαστού ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Στο Σχήμα 15 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του ξηρού βάρους των φύλλων ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όπως φαίνεται (Σχ.15) το IP13% παρουσιάζει το υψηλότερο ξηρό βάρος και ο Cont το χαμηλότερο. Το S36% και το IP34% δεν παρουσιάζουν μεταξύ τους καμία στατιστικώς σημαντική διαφορά. Στο IP13% παρατηρείται μία απότομη πτώση στον ξηρό βάρος των φύλλων ανά φυτό ενώ στο S36% η πτώση αυτή είναι αρκετά μικρότερη. Αντίθετα το IP34% και ο Cont παρουσιάζουν αύξηση του ξηρού βάρους των φύλλων σε όλη την καλλιεργητική περίοδο. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και των IP13%. Ακόμη παρατηρείται διαφορά και με τα διχτυοκήπια IP34% και S36% που δεν είναι όμως στατιστικά σημαντική.



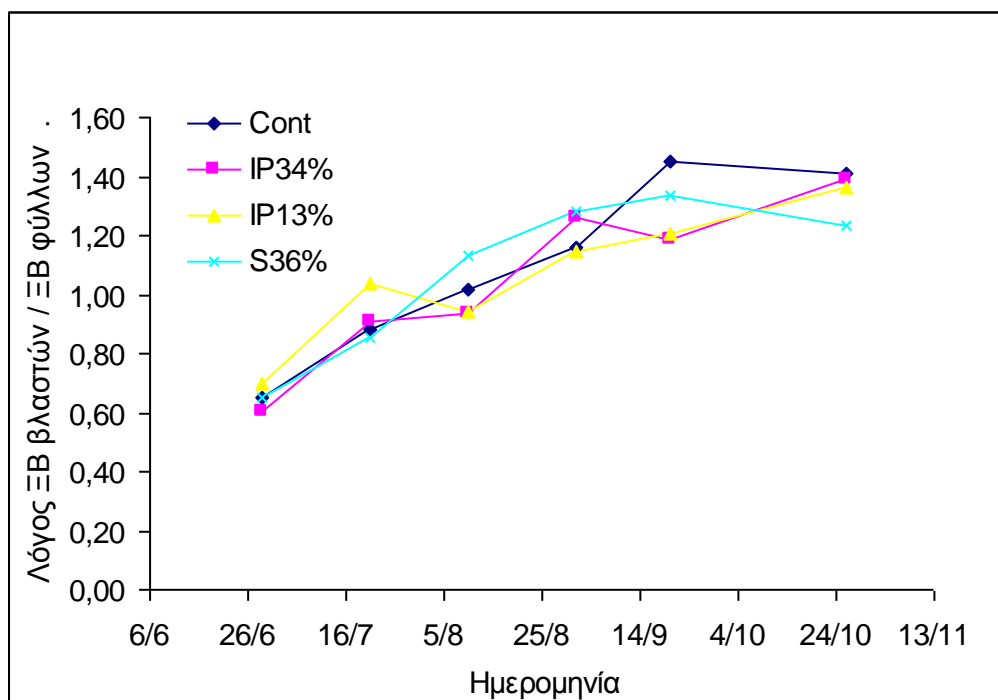
**Σχήμα 15.** Η εξέλιξη του ξηρού βάρους των φύλλων ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Στο Σχήμα 16 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του ξηρού βάρους των καρπών ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όπως φαίνεται (Σχ.16) ως τα τέλη Αυγούστου δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στο ξηρό βάρος των καρπών. Στα μέσα όμως Σεπτεμβρίου το IP13% παρουσιάζει μία σημαντική διαφορά με το Cont, το S36% και το IP34% ως προς το ξηρό βάρος των καρπών. Παρουσιάζεται στατιστικώς σημαντική διαφορά της μεταχείρισης IP13% με τις άλλες μεταχειρίσεις σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση.



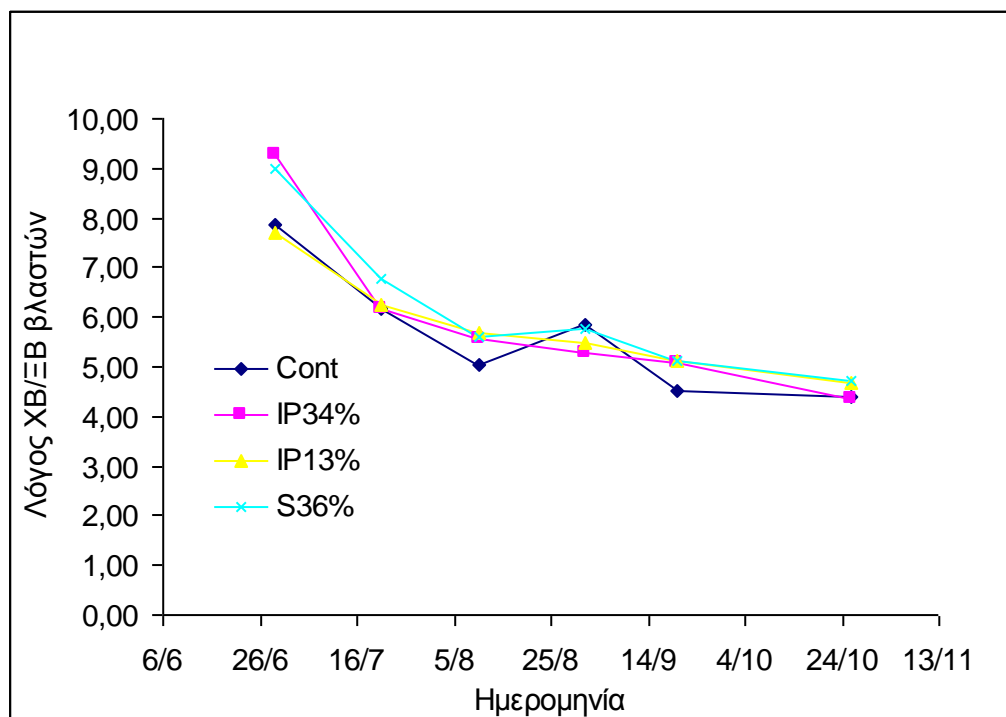
**Σχήμα 16.** Η εξέλιξη του ξηρού βάρους των καρπών ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Το Σχήμα 17 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη του λόγου του ξηρού βάρους των βλαστών προς το ξηρό βάρος των φύλλων ανά φυτό για κάθε μεταχείριση. Στο (Σχ.17) φαίνεται πως ο λόγος στο Cont αυξάνεται μέχρι που σχεδόν σταθεροποιείται μετά τις 20 Σεπτεμβρίου. Ενώ στο διχτυοκήπιο IP34% παρουσιάζεται συνεχώς μία διακύμανση του λόγου αυτού καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Στο IP13% μετά τις 10 Αυγούστου παρατηρείται μία συνεχόμενη αύξηση του λόγου ως τα τέλη Οκτωβρίου. Όμως στο S36% από τις 27 Ιουνίου ως τα τέλη Σεπτεμβρίου ο λόγος του ξηρού βάρους των βλαστών/φύλλων συνεχώς αυξάνεται κι έπειτα φαίνεται μια πτώση αυτού. Διαπιστώνεται πως τόσο στο IP34% όσο και στο IP13% ο λόγος αυτός αυξάνεται, ενώ αντίθετα για το S36% και τον μάρτυρα ο λόγος αυτός μειώνεται μετά τις 20 Σεπτεμβρίου. Γενικά δεν παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση.



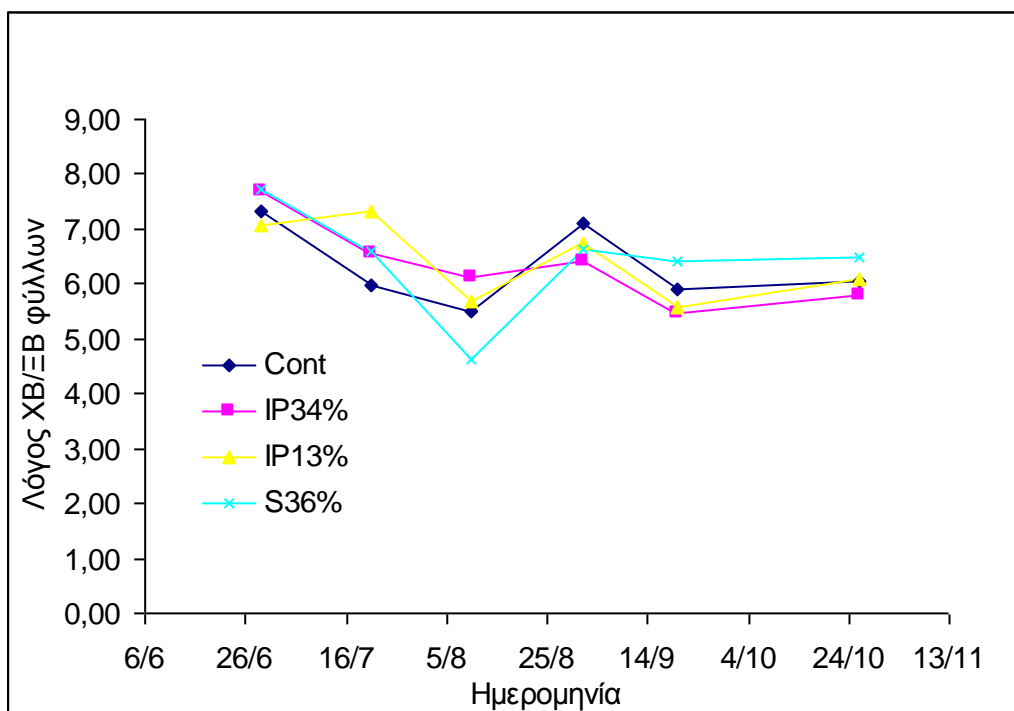
**Σχήμα 17.** Η εξέλιξη του λόγου του ξηρού βάρους των βλαστών προς το ξηρό βάρος των φύλλων ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η εξέλιξη του λόγου του χλωρού προς του ξηρού βάρους των στελεχών, των φύλλων και των καρπών ανά φυτό για κάθε μεταχείριση. Στο Σχήμα 18 παρουσιάζεται η διακύμανση του λόγου του χλωρού προς του ξηρού βάρους των στελεχών. Όπως φαίνεται (Σχ.18) ο λόγος αυτός συνεχώς μειώνεται για τα IP34%, IP13% και S36%, ενώ αντίθετα για τον Cont ο λόγος αυτός ως τις 10 Αυγούστου μειώνεται, στη συνέχεια αυξάνεται ως τα τέλη Αυγούστου κι έπειτα μειώνεται ως το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και του διχτυοκηπίου S36%. Τα διχτυοκήπια IP34% και IP13% δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ούτε με τον μάρτυρα αλλά ούτε και με το S36%.



**Σχήμα 18.** Η εξέλιξη του λόγου του χλωρού βάρους προς το ξηρό βάρος των βλαστών ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

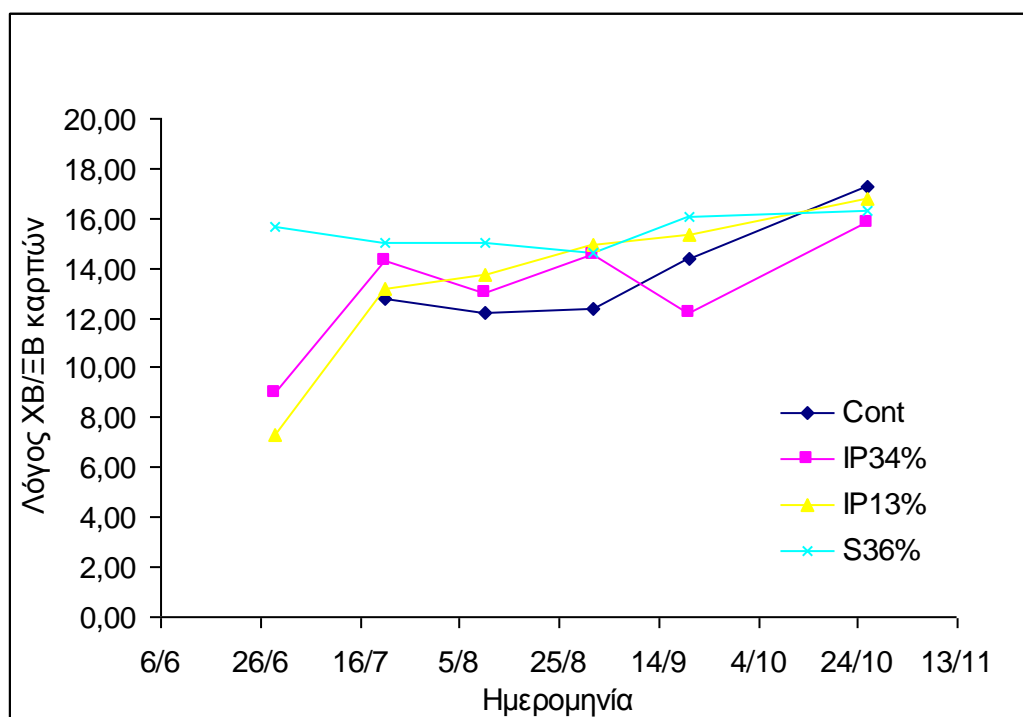
Στο Σχήμα 19 παρουσιάζεται η διακύμανση του λόγου του χλωρού προς του ξηρού βάρους των φύλλων ανά φυτό για κάθε μεταχείριση. Όπως φαίνεται (Σχ.19) ο λόγος αυτός για τα IP34%, IP13% και Cont, ως τις 10 Αυγούστου μειώνεται, ως τα τέλη Αυγούστου αυξάνεται, μειώνεται ως τα τέλη Σεπτεμβρίου κι αυξάνεται πάλι ως το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Όμως αυτό δεν παρατηρείται στο S36%, καθώς ενώ παρουσιάζει την ίδια μεταβολή με τις άλλες μεταχειρίσεις μέχρι τα τέλη Αυγούστου, από αυτή την ημερομηνία κι έπειτα ο λόγος αυτός σταθεροποιείται. Η μεταχείριση IP34% διέφερε στατιστικώς σημαντικά με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση.



**Σχήμα 19.** Η εξέλιξη του λόγου του χλωρού βάρους προς το ξηρό βάρος των φύλλων ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Στο Σχήμα 20 παρουσιάζεται η διακύμανση του λόγου του χλωρού προς του ξηρού βάρους των καρπών ανά φυτό. Όπως φαίνεται (Σχ.20) ο λόγος αυτός παρουσιάζει σημαντική διαφορά για όλες τις μεταχειρίσεις μεταξύ τους. Στον Cont και στο διχτυοκήπιο S36% παρατηρείται μια σχετική σταθερότητα στο λόγο μέχρι τα τέλη Αυγούστου. Όμως από αυτή τη χρονική στιγμή κι έπειτα ο λόγος αυτός αυξάνει για τον μάρτυρα ως τα τέλη της καλλιεργητικής περιόδου ενώ για το S36% αυξάνεται ως τις 20 Σεπτεμβρίου κι έπειτα σταθεροποιείται. Για το IP13% ο λόγος του χλωρού προς του ξηρού βάρους των καρπών συνεχώς αυξάνεται ενώ αντίθετα για το IP34% παρατηρείται μια έντονη διακύμανση του λόγου από μέτρηση σε μέτρηση καθ' όλη την καλλιεργητική διάρκεια. Οι μεταχειρίσεις μεταξύ τους δεν παρουσιάζουν καμία στατιστικώς σημαντική διαφορά σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση.

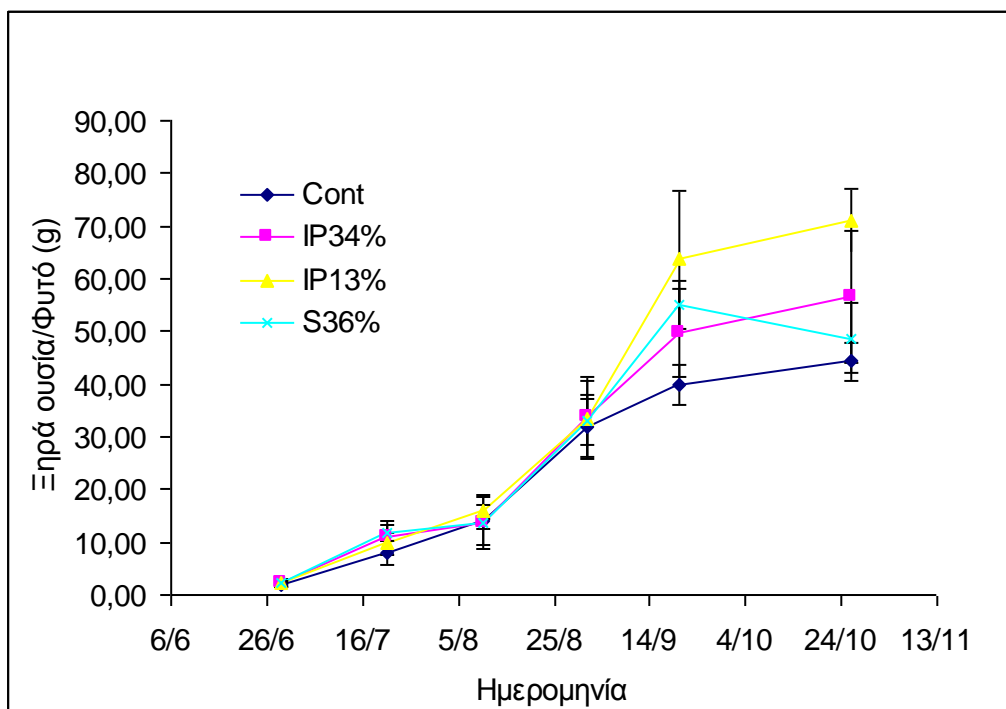




**Σχήμα 20.** Η εξέλιξη του λόγου του χλωρού βάρους προς το ξηρό βάρος των καρπών ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

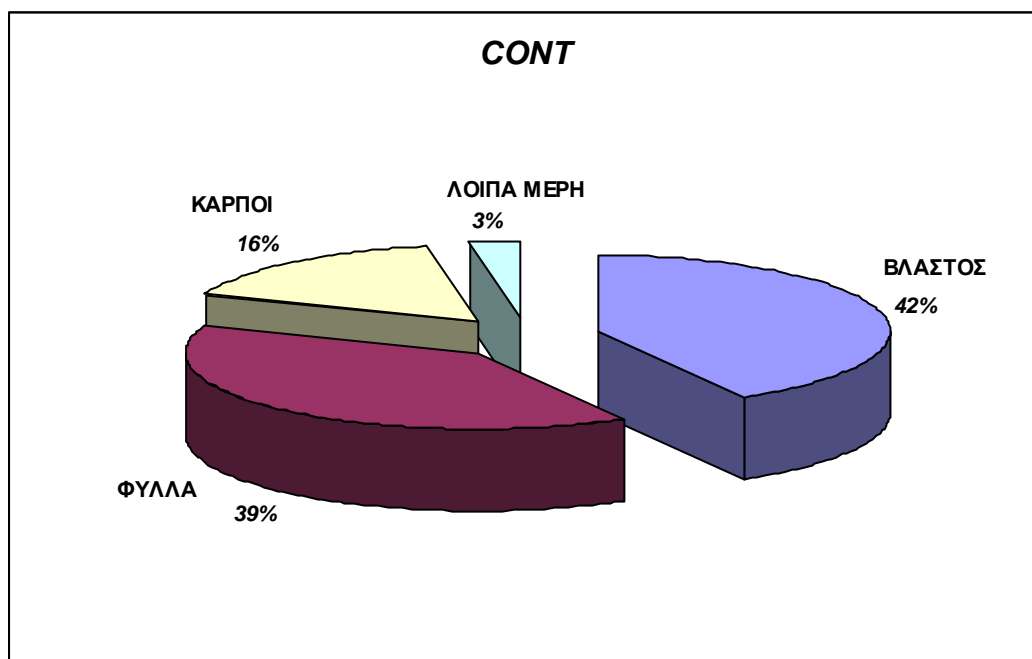
### 5.3.1. Παραγωγή και Κατανομή της Ξηράς Ουσίας

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η συνολική παραγωγή ξηράς ουσίας και η κατανομή αυτής στους φυτικούς ιστούς (στελέχη, φύλλα, καρπούς, λοιπά μέρη (κορυφές, δεμένοι καρποί, λαίμαργα)). Στο Σχήμα 21 φαίνεται ότι το IP13% παρουσιάζει την υψηλότερη συνολική ξηρά ουσία, ακολουθεί το IP34%, στη συνέχεια το S36% και τέλος με τη λιγότερη συνολική ξηρά ουσία ο Cont. Η έντονη διαφοροποίηση στη συνολική ξηρά ουσία παρουσιάζεται μετά τα τέλη Αυγούστου, όπου στο διχτυοκήπιο S36% παρατηρείται μείωση της συνολικής ξηράς ουσίας ανά φυτό ενώ αντίθετα στις άλλες μεταχειρίσεις αύξηση. Παρόλα αυτά δεν παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση.



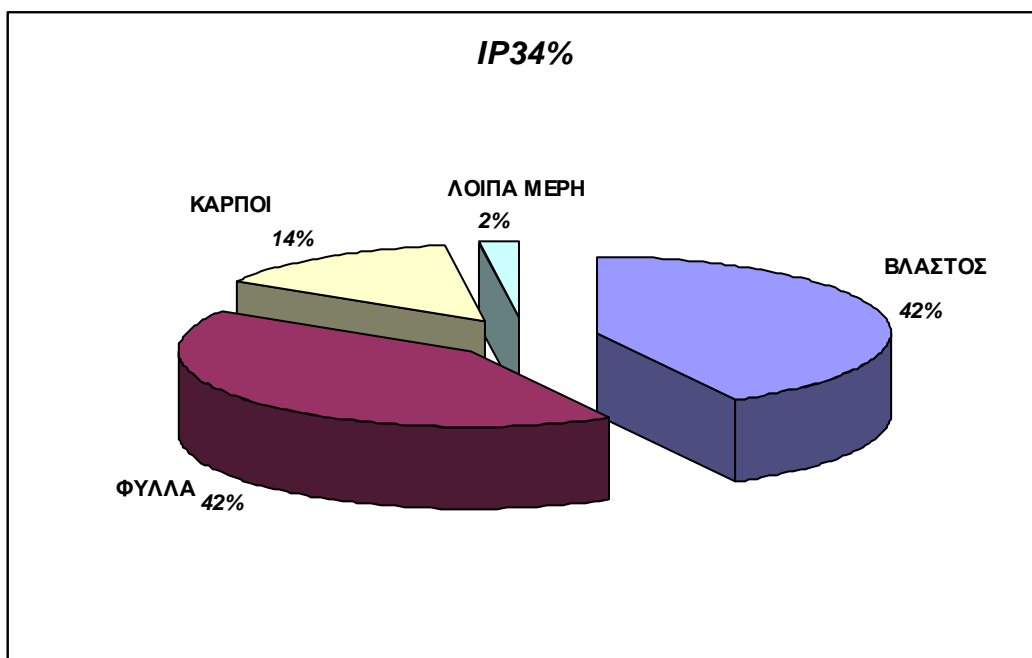
**Σχήμα 21.** Η εξέλιξη της συνολικής ξηράς ουσίας ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Παρακάτω φαίνεται η κατανομή της συνολικής ξηράς ουσίας ανά φυτό στους φυτικούς ιστούς για κάθε μεταχείριση ξεχωριστά. Φαίνεται (Σχ.22) ότι ο βλαστός περιείχε την υψηλότερη ξηρά ουσία (42%) ενώ τα φύλλα το 39% της συνολικής ξηράς ουσίας. Οι καρποί και τα υπόλοιπα μέρη κατείχαν μόνο το 16% και το 3% αντίστοιχα της συνολικής ξηράς ουσίας..



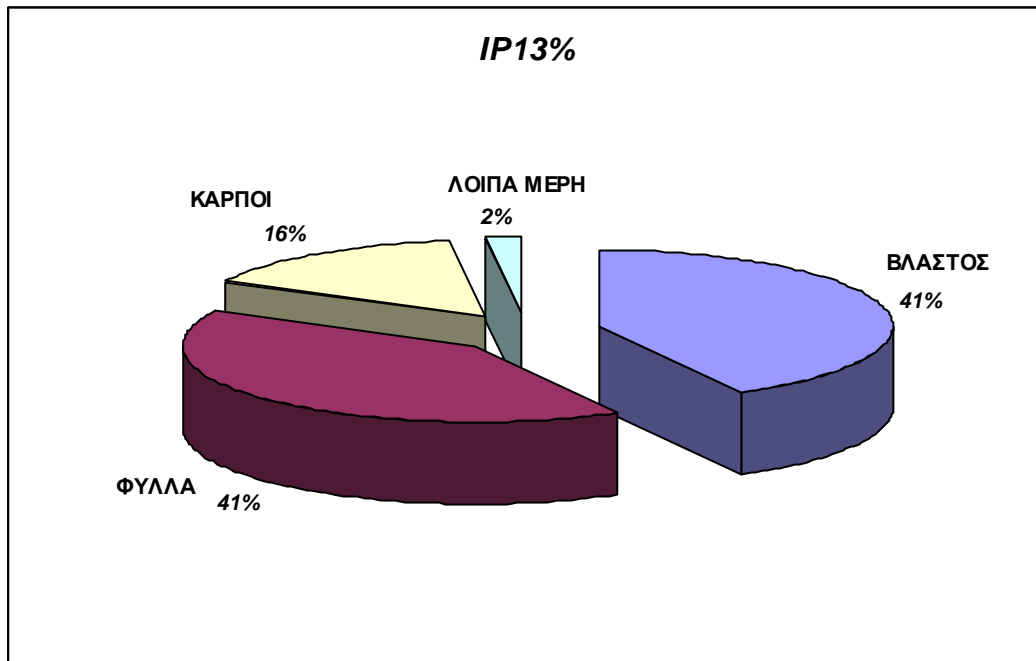
**Σχήμα 22.** Κατανομή της συνολικής ξηράς ουσίας ανά φυτό στους φυτικούς ιστούς στον Cont .

Το Σχήμα 23 δείχνει την κατανομή της ξηράς ουσίας ανά φυτό για το διχτυοκήπιο IP34%. Τόσο ο βλαστός όσο και τα φύλλα κατέχουν το ίδιο ποσοστό 42% της συνολικής ξηράς ουσίας, οι καρποί το 14% και τα λοιπά μέρη το 2% αυτής.



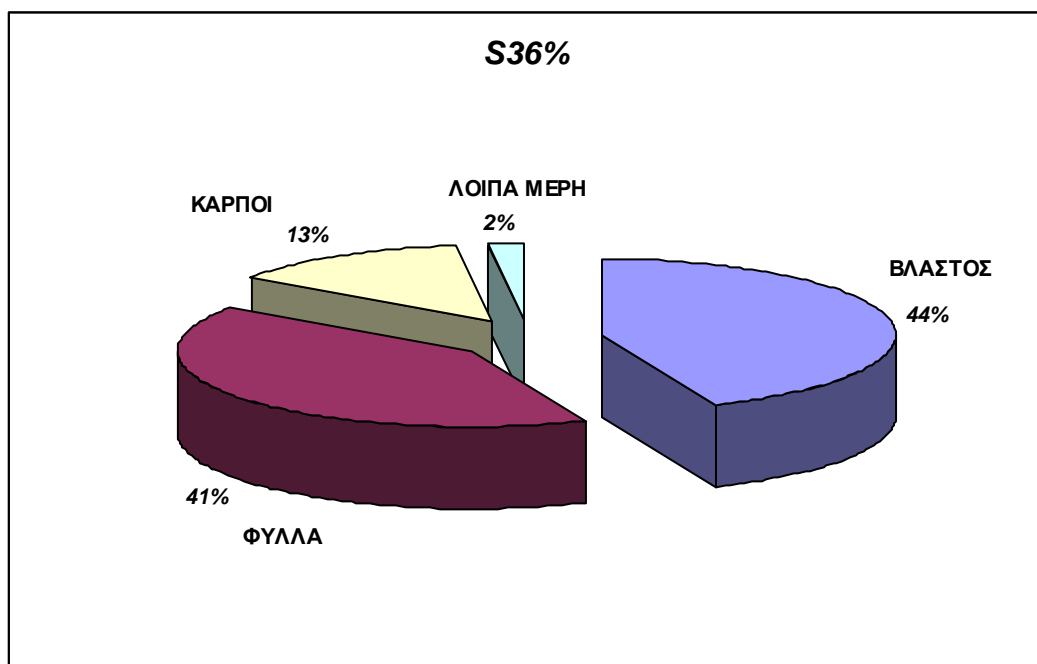
**Σχήμα 23.** Κατανομή της συνολικής ξηράς ουσίας ανά φυτό στους φυτικούς ιστούς στο διχτυοκήπιο IP34%.

Στο Σχήμα 24 παρουσιάζεται η κατανομή της ξηράς ουσίας ανά φυτό για το διχτυοκήπιο IP13%. Τόσο ο βλαστός όσο και τα φύλλα κατέχουν το ίδιο ποσοστό, 41% της συνολικής ξηράς ουσίας, οι καρποί το 16% όπως και στον Cont και τα λοιπά μέρη το 2%, ίδιο δηλαδή με το ποσοστό του IP34%.



**Σχήμα 24.** Κατανομή της συνολικής ξηράς ουσίας ανά φυτό στους φυτικούς ιστούς στο διχτυοκήπιο IP13%.

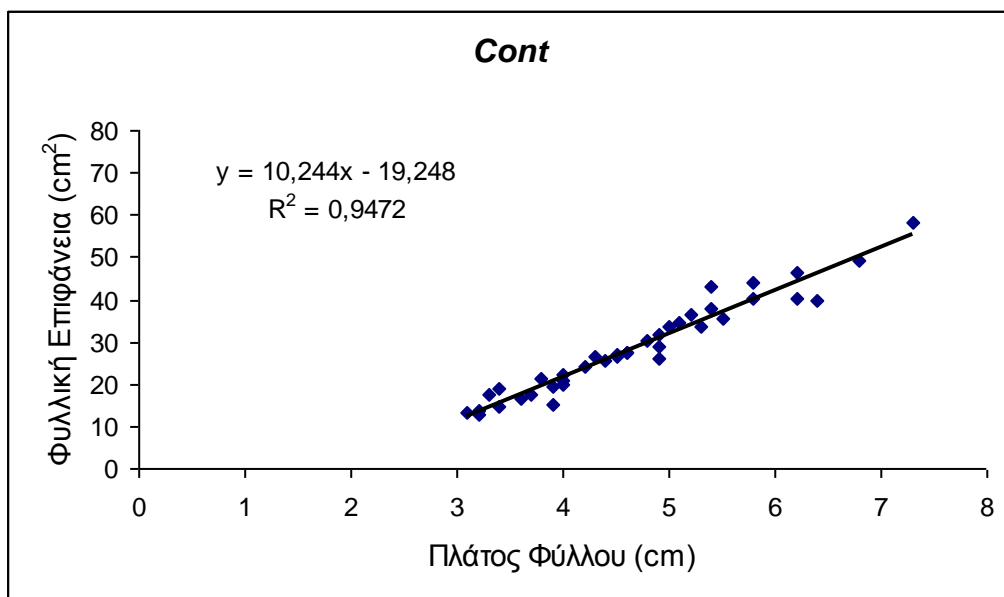
Το Σχήμα 25 δείχνει την κατανομή της ξηράς ουσίας ανά φυτό για το S36% διχτυοκήπιο. Φαίνεται (Σχ.25) ότι ο βλαστός κατέχει το 44% της ξηράς ουσίας, ενώ τα φύλλα το 41% και οι καρποί το 13%. Τα λοιπά μέρη κατέχουν το 2% της συνολικής ξηράς ουσίας, όπως και στα διχτυοκήπια IP34% και IP13%.



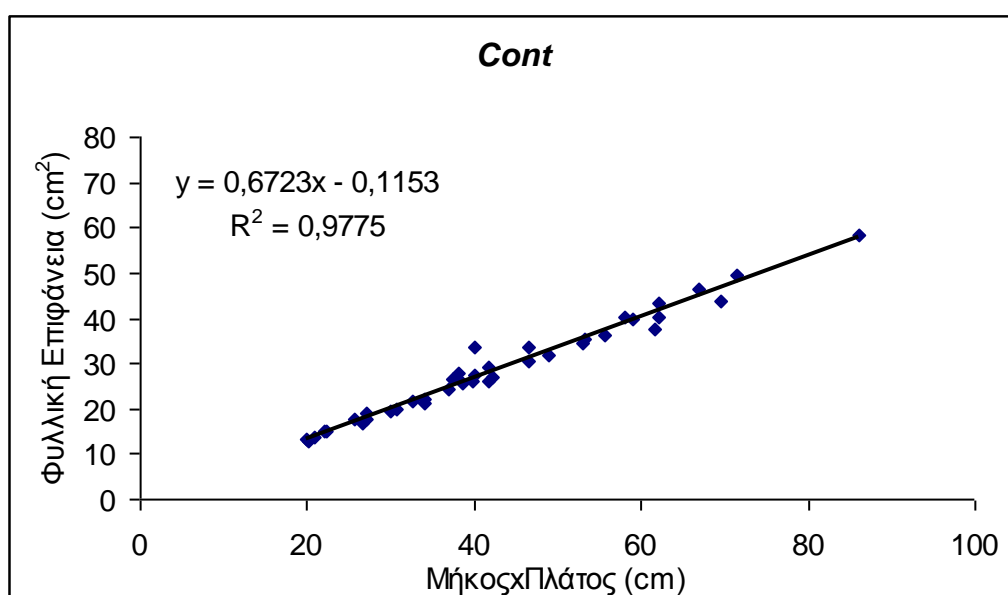
**Σχήμα 25.** Κατανομή της συνολικής ξηράς ουσίας ανά φυτό στους φυτικούς ιστούς στο διχτυοκήπιο S36%.

### 5.3.2. Φυλλική Επιφάνεια

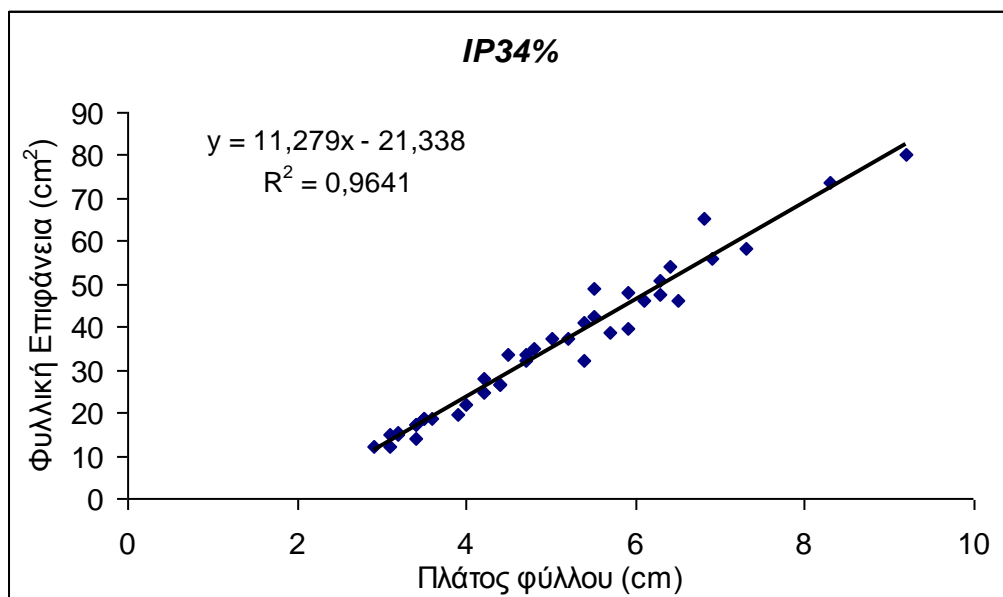
Σε ορισμένο δείγμα φύλλων από τα φυτά των καταστροφικών μετρήσεων έγινε εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης και υπολογίστηκε η σχέση που συνδέει τόσο το Πλάτος και το γινόμενο *Μήκος x Πλάτος* κάθε φύλλου, όσο και τον *Αριθμό των φύλλων* με τη φυλλική επιφάνεια. Η σχέση ήταν διαφορετική για κάθε μεταχείριση και ήταν της μορφής  $y = ax + b$ . Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται αυτή η σχέση για κάθε μεταχείριση συναρτήσει του Πλάτους, του γινομένου *Μήκος x Πλάτος* και του αριθμού των φύλλων.



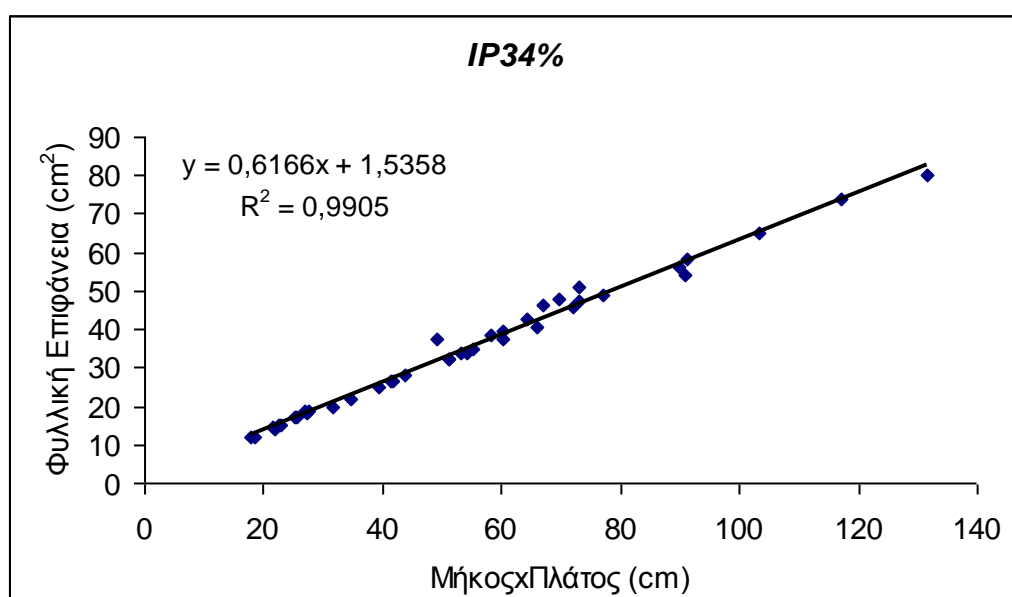
**Σχήμα 26.** Γραμμική παλινδρόμηση για τον μάρτυρα Cont συναρτήσει του πλάτους.



**Σχήμα 27.** Γραμμική παλινδρόμηση για τον μάρτυρα Cont συναρτήσει του γινομένου (Μήκος x Πλάτος).

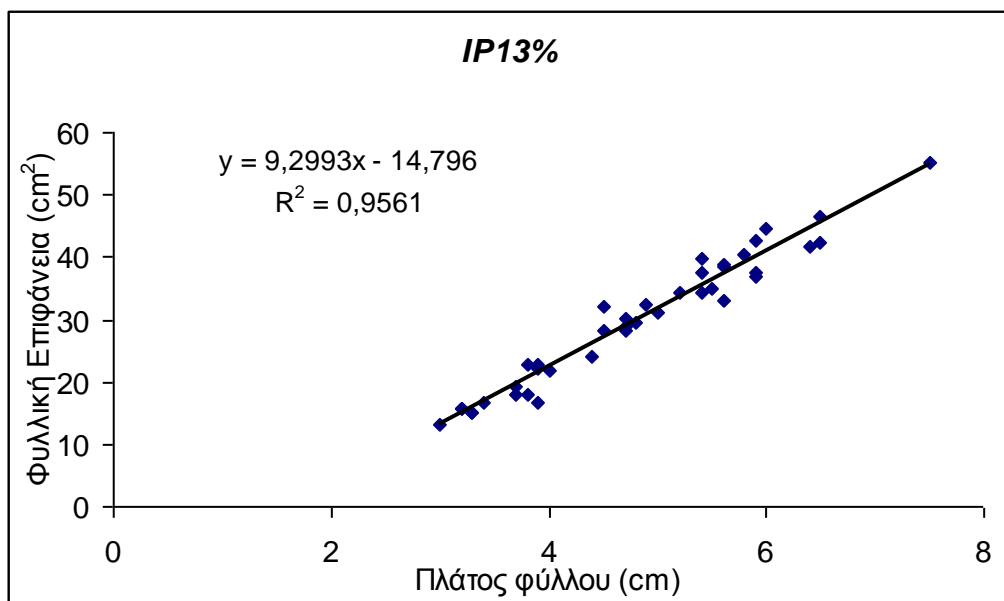


**Σχήμα 28.** Γραμμική παλινδρόμηση για το διχτυοκήπιο IP34% συναρτήσει του πλάτους.

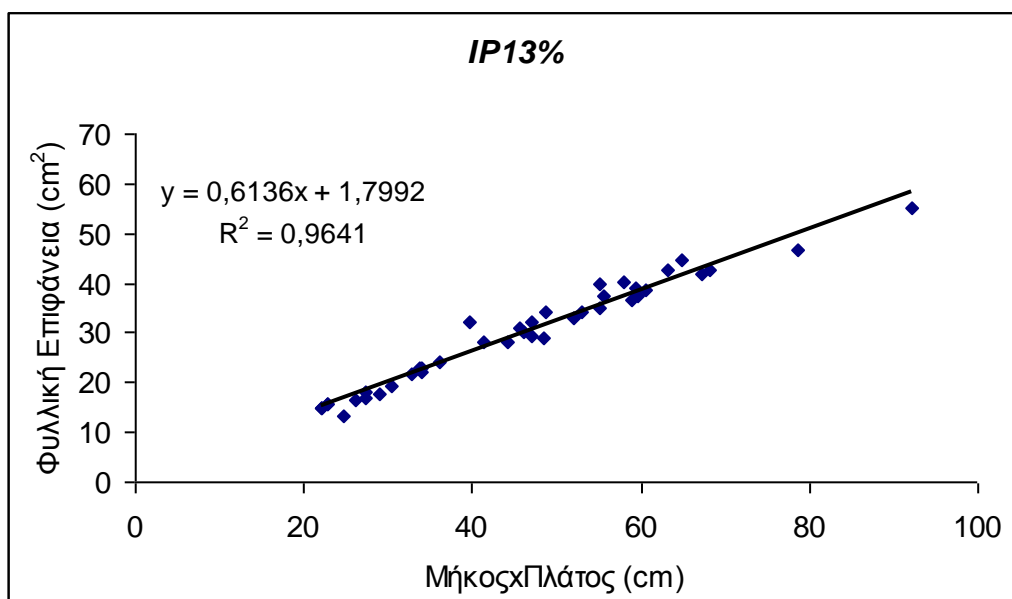


**Σχήμα 29.** Γραμμική παλινδρόμηση για το διχτυοκήπιο IP34% συναρτήσει του γινομένου (Μήκος x Πλάτος).

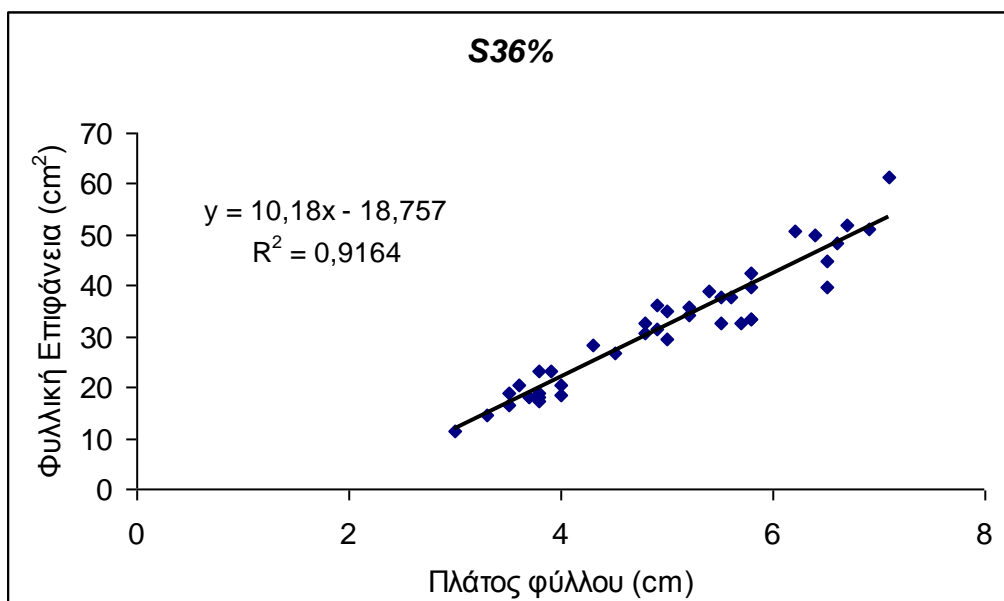




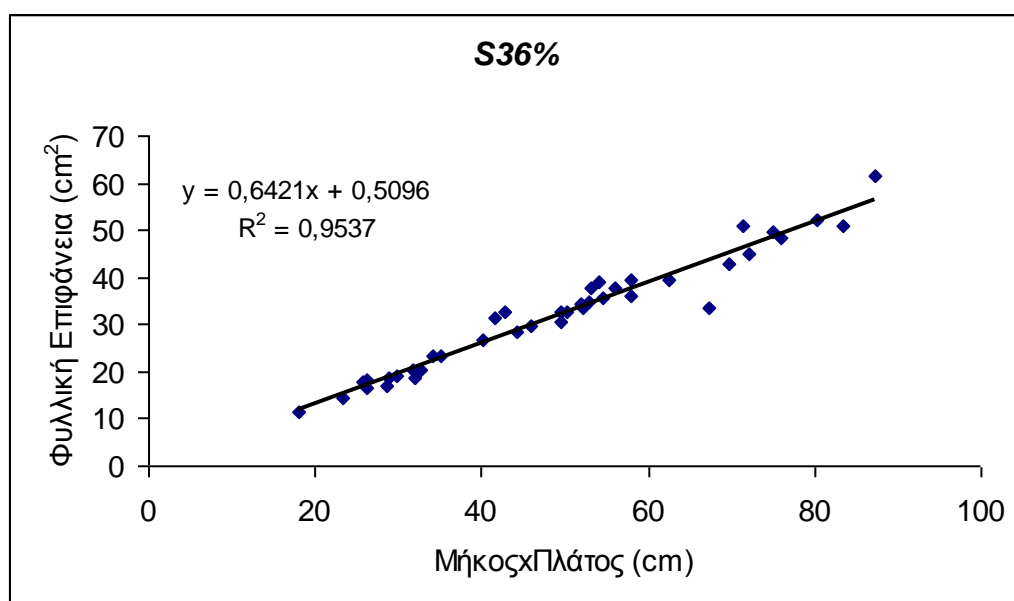
**Σχήμα 30.** Γραμμική παλινδρόμηση για το διχτυοκήπιο IP13% συναρτήσει του πλάτους.



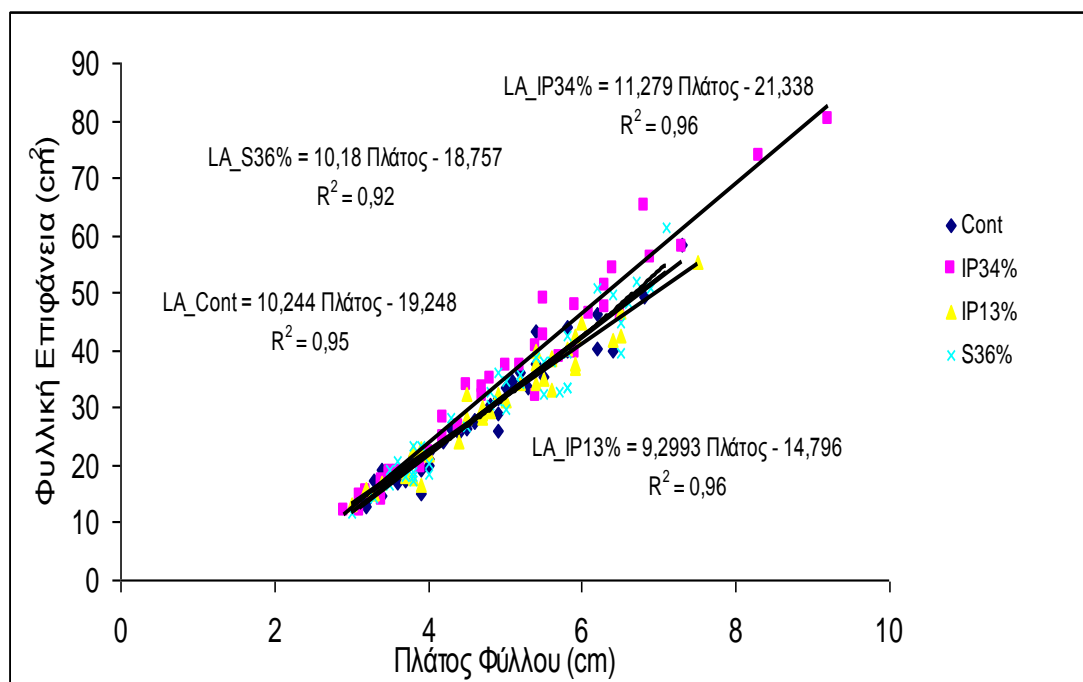
**Σχήμα 31.** Γραμμική παλινδρόμηση για το διχτυοκήπιο IP13% συναρτήσει του γινομένου (Μήκος x Πλάτος).



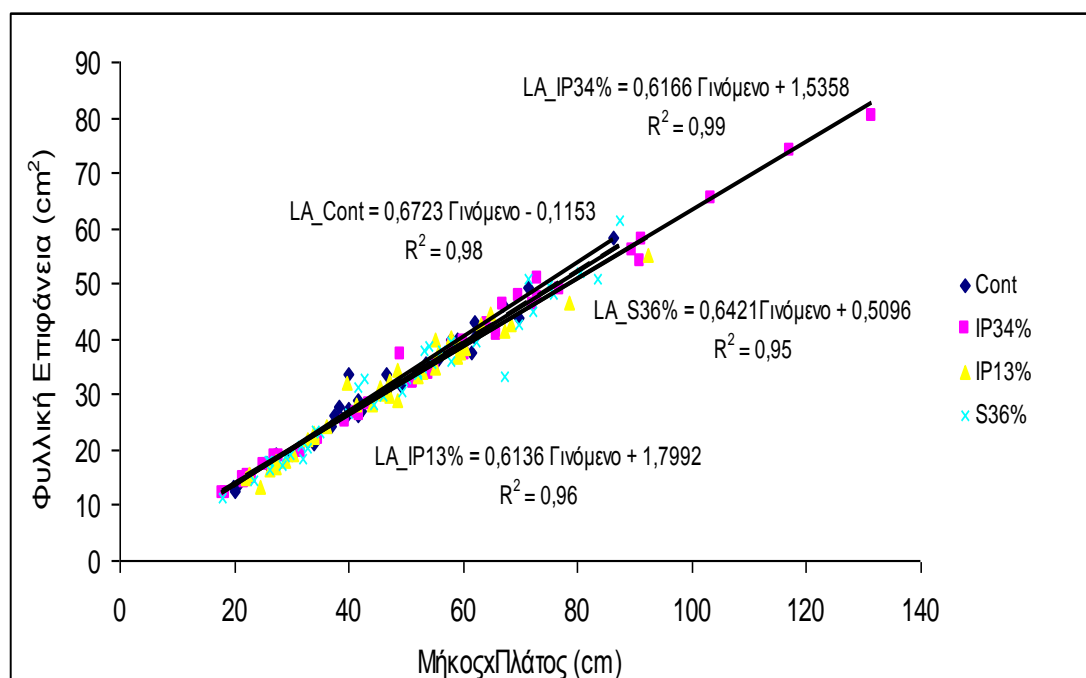
**Σχήμα 32.** Γραμμική παλινδρόμηση για το διχτυοκήπιο S36%. συναρτήσει του πλάτους.



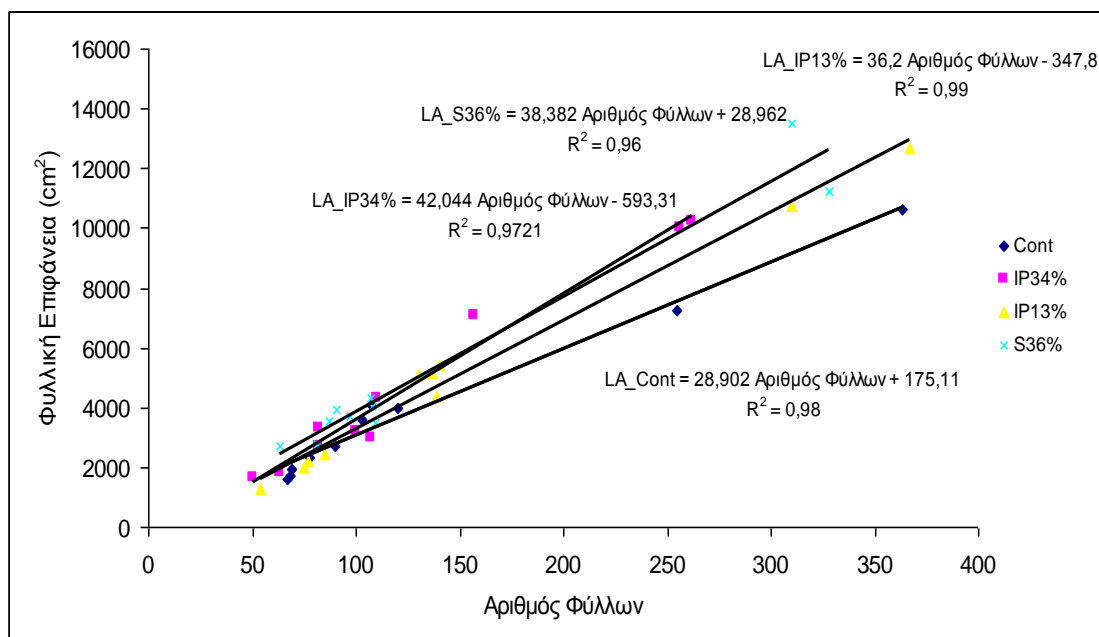
**Σχήμα 33.** Γραμμική παλινδρόμηση για το διχτυοκήπιο S36%. συναρτήσει του γινομένου (Μήκος x Πλάτος).



**Σχήμα 34.** Γραμμική παλινδρόμηση για όλες τις μεταχειρίσεις συναρτήσει του πλάτους.



**Σχήμα 35.** Γραμμική παλινδρόμηση για όλες τις μεταχειρίσεις συναρτήσει του γινομένου (Μήκος x Πλάτος).



**Σχήμα 36.** Γραμμική παλινδρόμηση για όλες τις μεταχειρίσεις συναρτήσει του αριθμού των φύλλων.

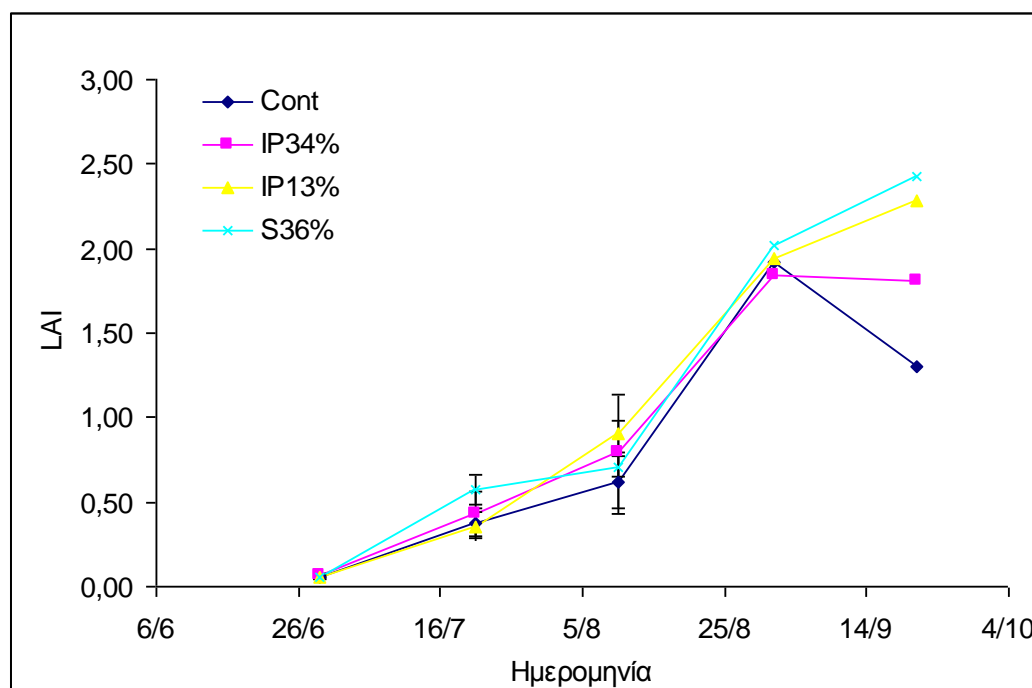
Όπως φαίνεται στα Σχήματα 34, 35 & 36 για τον Cont το  $R^2$  είναι 0,98 τόσο για την σχέση που συνδέει τη φυλλική επιφάνεια συναρτήσει του γινομένου, όσο και για τη σχέση που τη συνδέει με τον αριθμό των φύλλων, ενώ είναι 0,95 για την εξίσωση με βάση το πλάτος του φύλλου. Για το διχτυοκήπιο IP34%, το  $R^2$  είναι 0,96 για την εξίσωση συναρτήσει του πλάτους του φύλλου, 0,99 συναρτήσει του γινομένου και 0,97 με βάση τον αριθμό των φύλλων. Για το διχτυοκήπιο IP13%, το  $R^2$  είναι 0,96 τόσο για την σχέση που συνδέει τη φυλλική επιφάνεια συναρτήσει του γινομένου όσο και για τη σχέση που τη συνδέει με το πλάτος των φύλλων, ενώ είναι 0,99 για την εξίσωση με βάση τον αριθμό των φύλλων. Τέλος όπως φαίνεται για το διχτυοκήπιο S36%, το  $R^2$  συναρτήσει του αριθμού των φύλλων είναι πολύ κοντά με το  $R^2$  του γινομένου, 0,96 και 0,95 αντίστοιχα. Το  $R^2$  με βάση το πλάτος του φύλλου είναι 0,92. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα είναι φανερό πως για την διεξαγωγή της σχέσης που συνδέει τη φυλλική επιφάνεια τόσο με το Πλάτος, όσο και το γινόμενο *ΜήκοςxΠλάτος* κάθε φύλλου, καθώς επίσης και με τον *Αριθμό των φύλλων*, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αρκεί να μελετηθεί μόνο ο αριθμός των φύλλων ή μόνο το πλάτος τους, καθώς τα αποτελέσματα που δίνουν έχουν υψηλό βαθμό ακρίβειας και δίνουν αντιπροσωπευτικές εξισώσεις υπολογισμού της φυλλικής επιφάνειας.

Το Σχήμα 37 δείχνει τον δείκτη της φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) για κάθε μεταχείριση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο δείκτης της φυλλικής επιφάνειας προέκυψε από τον τύπο:

$$L.A.I. = L.A. * 1,8$$

(όπου 1,8 = πυκνότητα φυτών/m<sup>2</sup>)

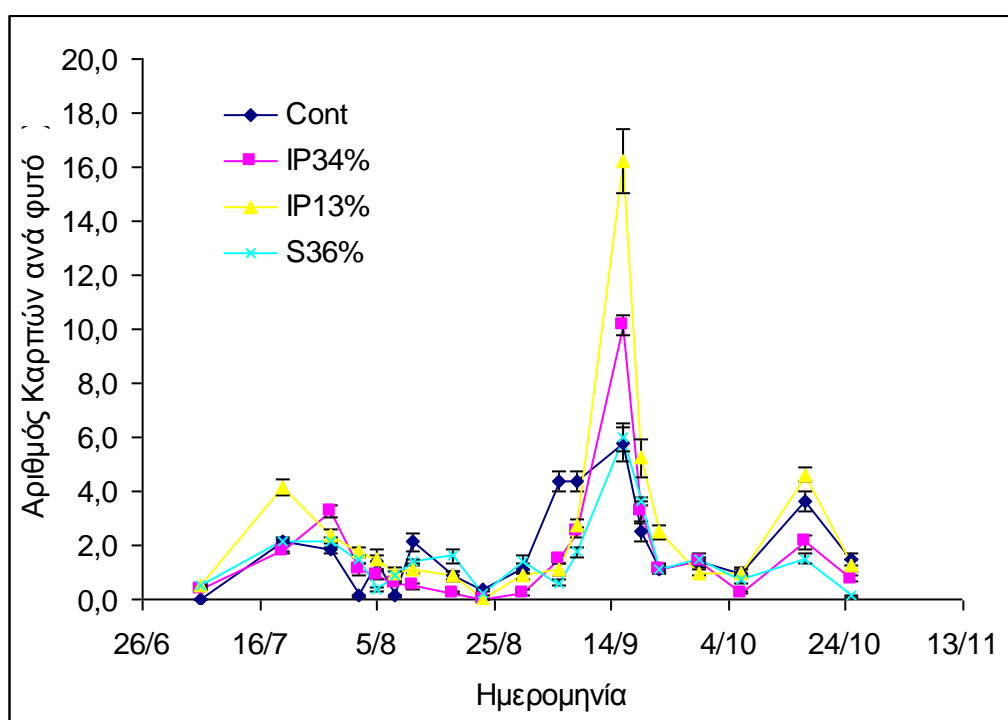
Στο Σχήμα 37 παρουσιάζεται η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Οι τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών στο S36% παρουσιάζουν σημαντική διαφορά με τις τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας στον μάρτυρα (Cont). Σημαντική διαφοροποίηση παρατηρείται στο L.A.I. μεταξύ των μεταχειρίσεων στις αρχές Σεπτεμβρίου ως τέλη Οκτωβρίου, όπου στον μάρτυρα (Cont) υπάρχει μια καθολική πτώση, στο IP34% ο L.A.I. τείνει να μείνει σταθερός από τις αρχές Σεπτεμβρίου ενώ ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας στο IP13% και στο S36% συνεχίζει να αυξάνεται από αυτή την ημερομηνία και ως το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά τόσο μεταξύ των διχτυοκηπίων με το μάρτυρα όσο και μεταξύ των διχτυοκηπίων. Το IP34% παρουσιάζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές με το IP13% και το S36%, ενώ τα δύο τελευταία δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.



**Σχήμα 37.** Η εξέλιξη του δείκτη της φυλλικής επιφάνειας στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

#### 5.4. Παραγωγή Καρπών

Η συνολική παραγωγή καρπών αφορά τα πειραματικά φυτά στον αγρό που μελετούνταν στις μη καταστροφικές μετρήσεις και όχι αυτά των καταστροφικών μετρήσεων. Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου πραγματοποιήθηκαν δεκαεννέα (19) συγκομίσεις καρπών. Στο Σχήμα 38 παρουσιάζεται ο αριθμός των καρπών πιπεριάς ανά φυτό σε κάθε συγκομιδή ανά μεταχείριση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όπως φαίνεται (Σχ.38) στο διχτυοκήπιο IP13% παρουσιάζεται μεγαλύτερος αριθμός καρπών, ακολουθεί ο μάρτυρας Cont, έπειτα το IP34% και τέλος το S36%. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά του IP13% με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Συνοπτικά φαίνεται ο αριθμός των καρπών ανά  $m^2$  για κάθε μεταχείριση που συγκομίσθηκε καθ' όλη τη καλλιεργητική περίοδο στον Πίνακα 3.

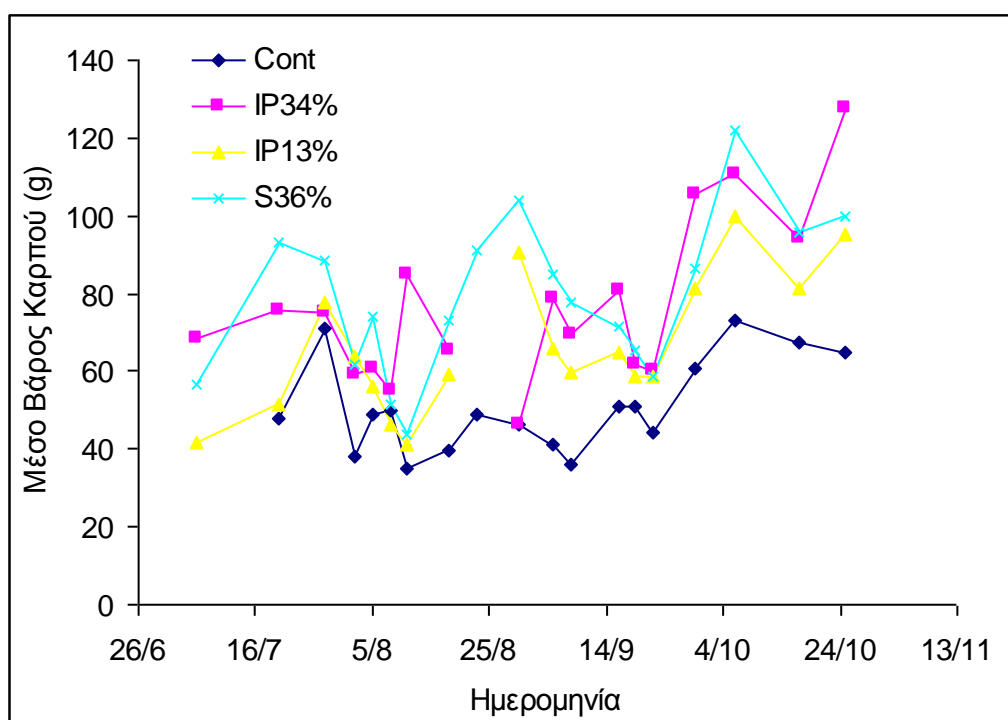


**Σχήμα 38.** Η εξέλιξη του αριθμού των καρπών ανά φυτό στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

**Πίνακας 7.** Συνολικός αριθμός καρπών ανά  $m^2$  για κάθε μεταχείριση.

Μεταχείριση	Συνολικός Αριθμός Καρπών/ $m^2$
Cont	64,35
IP34%	57,38
IP13%	89,78
S36%	52,2

Το Σχήμα 39 παρουσιάζεται η εξέλιξη του μέσου βάρους καρπού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όπως φαίνεται (Σχ.39) υπάρχει διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων όσο αφορά το μέσο βάρος του καρπού. Παρατηρείται ότι κατά την πρώτη συγκομιδή ο μάρτυρας δεν είχε καθόλου παραγωγή συγκριτικά με τα διχτυοκήπια. Το μεγαλύτερο μέσο βάρος καρπού παρατηρείται στο S36% διχτυοκήπιο ενώ το μικρότερο στον μάρτυρα (Cont). Με βάση τη στατιστική ανάλυση υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και του S36%. Το IP13% και το IP34% δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά ούτε μεταξύ τους, αλλά ούτε και με τον μάρτυρα και το S36%.



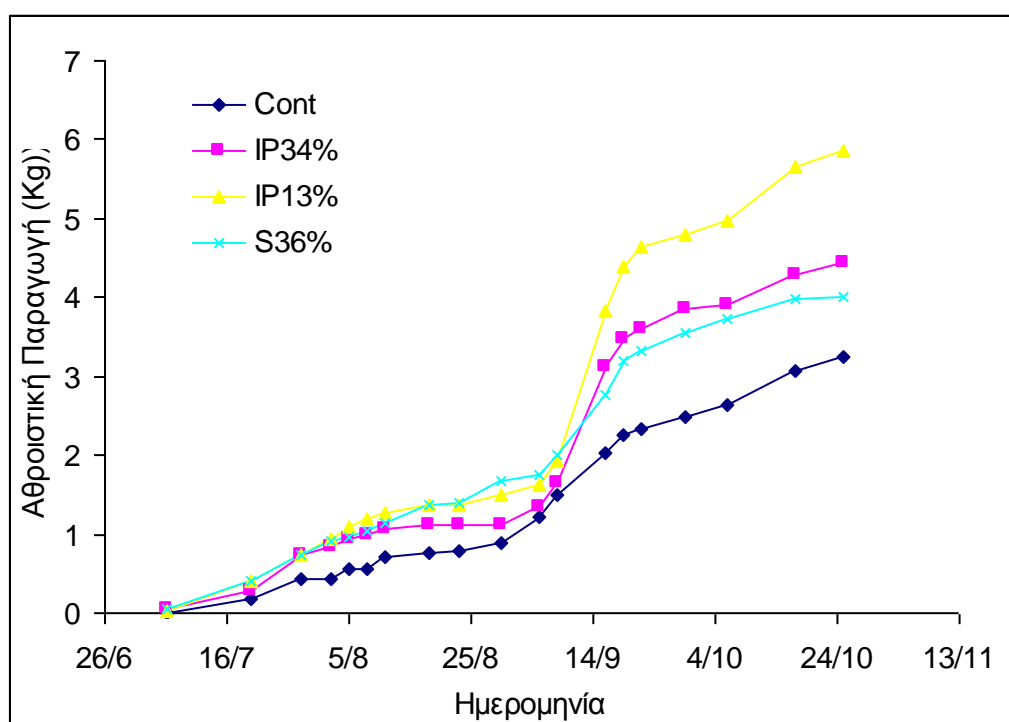
**Σχήμα 39.** Η εξέλιξη του μέσου βάρους καρπού στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Στο Σχήμα 40 παρουσιάζεται η αθροιστική παραγωγή ανά μεταχείριση. Φαίνεται (Σχ.40) ότι στο IP13% η παραγωγή είναι υψηλότερη, ακολουθεί το IP34% και το S36%, ενώ τη μικρότερη παραγωγή παρατηρείται στον Cont. Το IP13% παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Στατιστικώς σημαντική διαφορά παρατηρείται επίσης μεταξύ του IP34% και του μάρτυρα. Ενώ αντίθετα, το S36% δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές ούτε με το

IP34% αλλά ούτε και με τον μάρτυρα. Στον Πίνακα 8 που ακολουθεί φαίνεται η συνολική παραγωγή για τα πειραματικά φυτά εκφρασμένη σε kg/m<sup>2</sup>.

**Πίνακας 8.** Συνολική παραγωγή σε kg/m<sup>2</sup> ανά μεταχείριση.

Μεταχείριση	Συνολική Παραγωγή(kg/m <sup>2</sup> )
Cont	3,24
IP34%	4,45
IP13%	5,86
S36%	4,0



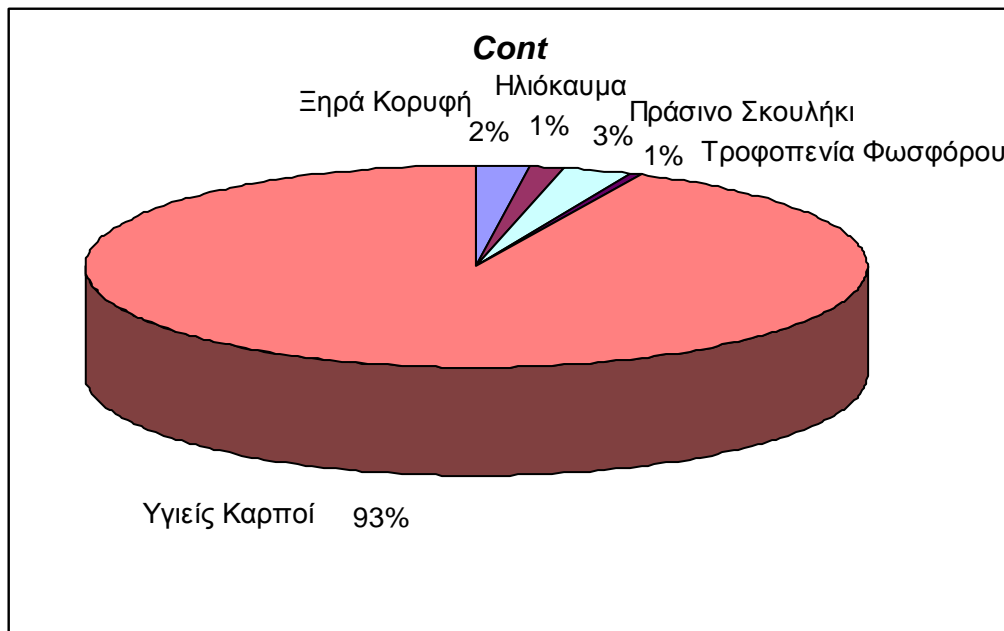
**Σχήμα 40.** Η συνολική παραγωγή στις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η κατανομή των εμπορεύσιμων καρπών και των καρπών που παρουσιάζουν φυσιολογικές ανωμαλίες (ηλιόκαυμα, ξηρά κορυφή, τροφοπενία φωσφόρου) και προσβολές από έντομα (θρίπα, πράσινο σκουλήκι) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Στο διχτυοκήπιο S36% δεν παρατηρήθηκε καμία φυσιολογική ανωμαλία αλλά ούτε και κάποια προσβολή από έντομα στους καρπούς.

Το Σχήμα 41 δείχνει την κατανομή της συνολικής παραγωγής του Cont σε εμπορεύσιμους και μη καρπούς κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Από

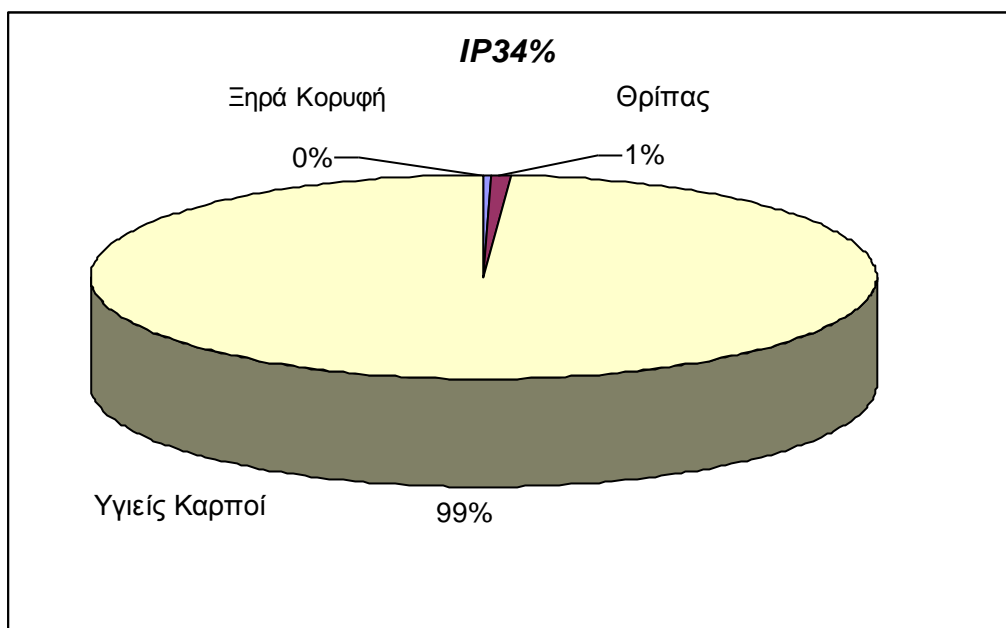


την συνολική παραγωγή του μάρτυρα το 3% είχε προσβολή από πράσινο σκουλήκι και το 2% από ξηρά κορυφή. Σε ποσοστό 1% παρουσιάστηκε ηλιόκαυμα και τροφопενία φωσφόρου. Προσβολή από πράσινο σκουλήκι και τροφопенία φωσφόρου παρουσιάστηκε μόνο στον μάρτυρα.



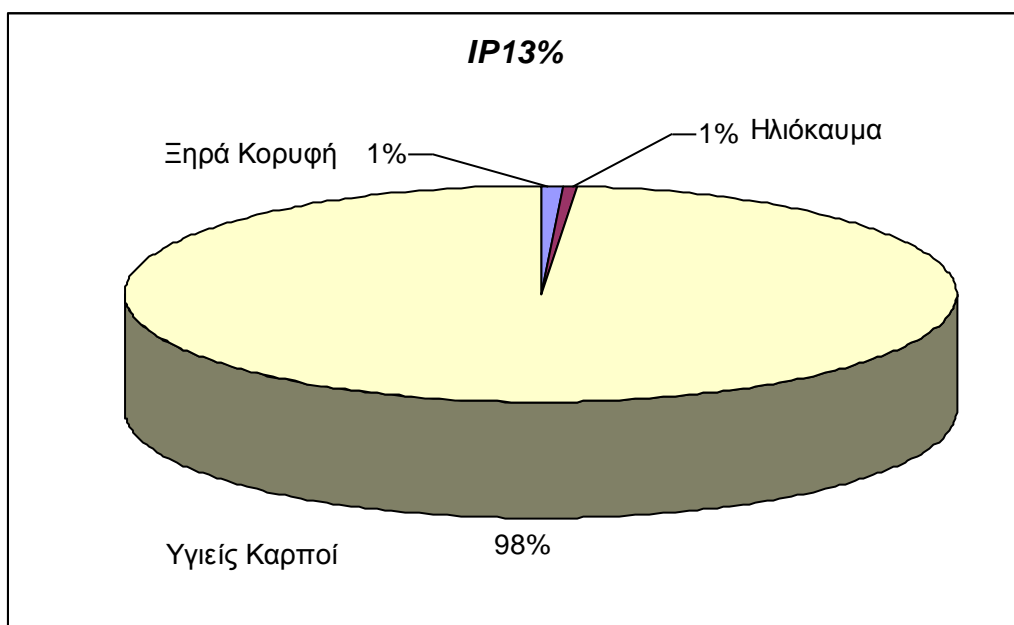
**Σχήμα 41.** Κατανομή της συνολικής παραγωγής στον μάρτυρα (Cont).

Στο Σχήμα 42 φαίνεται η κατανομή της συνολικής παραγωγής του διχτυοκηπίου IP34% σε εμπορεύσιμους και μη καρπούς κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Από την συνολική παραγωγή το 1% είχε προσβολή από θρίπα στους καρπούς παρότι είναι εντομοστεγανό. Παρουσιάστηκαν και ελάχιστοι καρποί με συμπτώματα ξηράς κορυφής. Στα πειραματικά φυτά του IP34% δεν παρατηρήθηκαν άλλου είδους φυσιολογικές ανωμαλίες ή προσβολές από έντομα.



**Σχήμα 42.** Κατανομή της συνολικής παραγωγής στο διχτυοκήπιο IP34%.

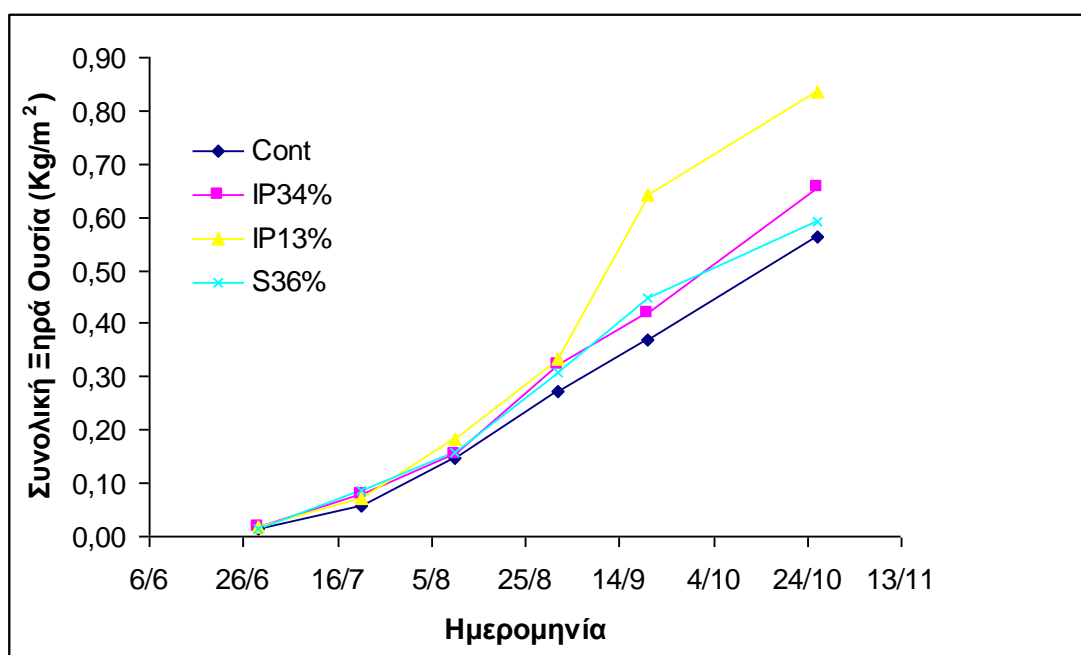
Το Σχήμα 43 δείχνει την κατανομή της συνολικής παραγωγής του διχτυοκηπίου IP13% σε εμπορεύσιμους και μη καρπούς κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Από την συνολική παραγωγή το 1% αυτής παρουσίασε ξηρά κορυφή και στο ίδιο ποσοστό εξίσου ηλιόκαυμα. Στα πειραματικά φυτά του IP13% δεν παρατηρήθηκαν άλλου είδους φυσιολογικές ανωμαλίες ή προσβολές από έντομα.



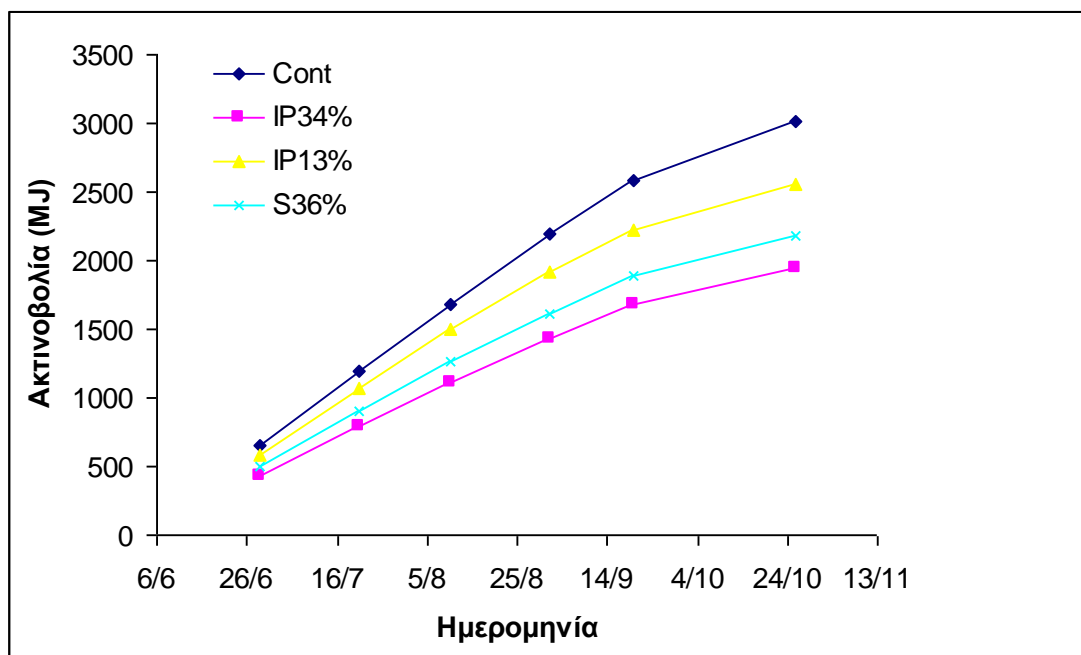
**Σχήμα 43.** Κατανομή της συνολικής παραγωγής στο διχτυοκήπιο IP13%.

### 5.5. Μοντέλο Προσομοίωσης

Με βάση τα φυτά των καταστροφικών μετρήσεων έγινε μια προσπάθεια δημιουργίας ενός μοντέλου που έχει ως στόχο τον υπολογισμό ενός συντελεστή αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας (A), χρησιμοποιώντας ως δεδομένα την ολική ηλιακή ακτινοβολία που εισήλθε σε κάθε μεταχείριση και τη συνολική ξηρά ουσία που παράχθηκε. Οι καταστροφικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν έξι (6) όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα. Για κάθε ημερομηνία μέτρησης υπολογίστηκε το άθροισμα της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας (σε MJ) που δέχθηκε κάθε μεταχείριση, καθώς και η συνολική ξηρά ουσία (σε Kg/m<sup>2</sup>) που παράχθηκε μέχρι τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Στα Σχήματα 44 και 45, απεικονίζεται η συνολική ηλιακή ακτινοβολία και η συνολική ξηρά ουσία για όλες τις μεταχειρίσεις σε σχέση με τον χρόνο.



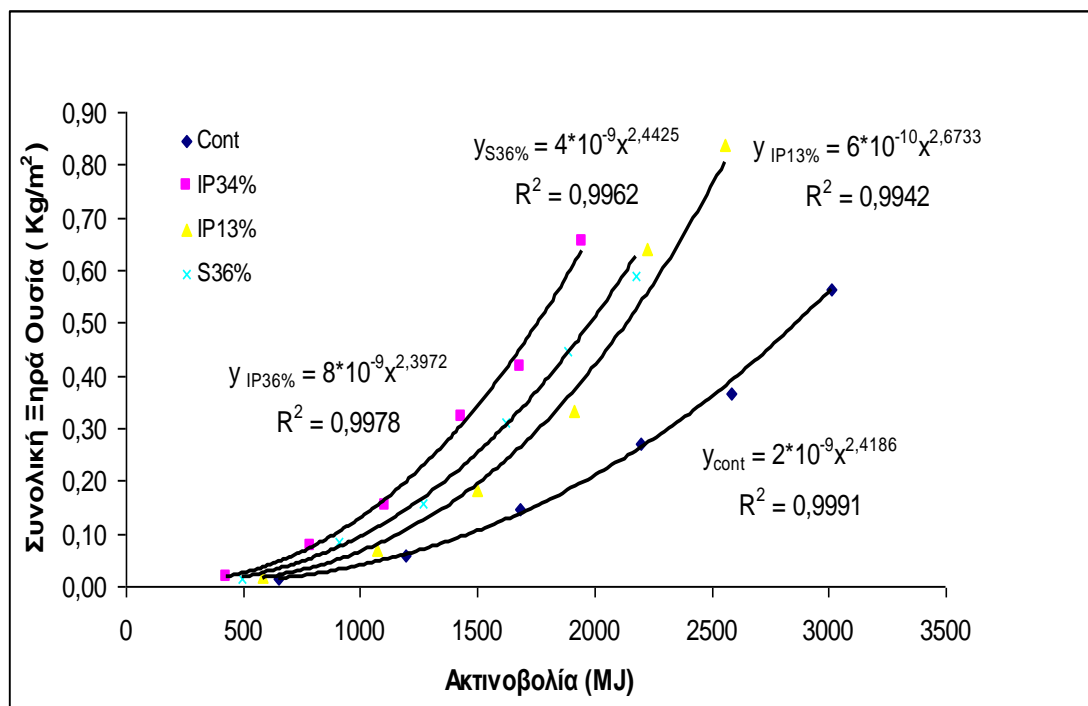
Σχήμα 44. Η συνολική ξηρά ουσία για τις τέσσερις μεταχειρίσεις



**Σχήμα 45.** Η ολική εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία για τις τέσσερις μεταχειρίσεις.

Η υψηλότερη συνολική ξηρά ουσία παρατηρήθηκε στο διχτυοκήπιο IP13%, ακολούθησε το IP34% και το S36%, ενώ η λιγότερη συνολική ξηρά ουσία διαπιστώθηκε στον Cont. Όσο αφορά, τη συνολική εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία παρατηρήθηκε ότι ενώ θα έπρεπε η μεταχείριση S36% να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μείωση στην εισερχόμενη ακτινοβολία, την παρουσιάζει η μεταχείριση IP34%. Είναι πιθανό η μείωση αυτή της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας στο IP34% να οφείλεται σε εξωτερικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως είναι η επικάλυψη σκόνης πάνω στο δίκτυο ή ξένων υλών πριν τη τοποθέτηση του στο σκελετό του διχτυοκηπίου ή ακόμα ενώ ήταν τοποθετημένο πάνω σε αυτό.

Στο Σχήμα 46 παρουσιάζεται η εξίσωση που συσχετίζει την ολική ηλιακή ακτινοβολία με την συνολική ξηρά ουσία, συμπεριλαμβανομένων και των καρπών που αποκτήθηκαν μέχρι την ημερομηνία κοπής των φυτών για την πραγματοποίηση της καταστροφικής μέτρησης.



**Σχήμα 46.** Η εξίσωση που συνδέει την συνολική ηλιακή ακτινοβολία με τη συνολική ξηρά ουσία.

Διαπιστώνεται πως για όλες τις μεταχειρίσεις ότι το  $R^2$  είναι 0,99, δηλαδή ο υπολογισμός της συνολικής ξηράς ουσίας με βάση την ακτινοβολία έχει υψηλό βαθμό ακρίβειας, καθώς δίνουν αντιπροσωπευτικές εξισώσεις υπολογισμού της. Η εξίσωση που δημιουργήθηκε είναι υπερβολική σε όλες τις μεταχειρίσεις.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$DW = A * TR^a$$

Όπου:

DW = η συνολική ξηρά ουσία σε Kg/m<sup>2</sup>.

A = ο συντελεστής αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας σε Kg/ MJ m<sup>2</sup>.

TR = η ολική ηλιακή ακτινοβολία που εισήλθε σε MJ.

a = μία σταθερά 2,3.

Για να πραγματοποιηθεί η μοντελοποίηση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 17 και πιο συγκεκριμένα η επιλογή Nonlinear Regression Analysis. Ο

συντελεστής αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας (A) για όλες τις μεταχειρίσεις παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.

Διαπιστώνεται ότι ο συντελεστής αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας (A) αυξάνεται για όλες τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση. Υψηλότερο συντελεστή (A) παρουσιάζει το διχτυοκήπιο IP34%, ακολουθεί το S36% κι έπειτα το IP13%.

**Πίνακας 5.** Ο συντελεστής αποτελεσματικότητα χρήσης της ακτινοβολίας (A) όπως υπολογίστηκε από το μοντέλο στο SPSS.

	Cont	IP34%	IP13%	S36%
<b>A (KgMJ/m<sup>2</sup>)</b>	5,497*10 <sup>-9</sup>	1,723*10 <sup>-8</sup>	1,180*10 <sup>-8</sup>	1,264*10 <sup>-8</sup>

Παράλληλα διαπιστώθηκε ότι η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (WUE) αυξήθηκε για τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση συγκριτικά με τον μάρτυρα. Όπως φαίνεται (Πίνακας 6) η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού αυξήθηκε κατά 133,5%, 132,5% και 126,9% για τα διχτυοκήπια IP34%, IP13% και S36% αντίστοιχα. Η WUE προσδιορίστηκε σε κιλά παραγόμενης πιπεριάς ανά κυβικό νερού που καταναλώθηκε.

**Πίνακας 6.** Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (WUE).

	Cont	IP34%	IP13%	S36%
<b>WUE(Kg/m<sup>3</sup>)</b>	19,86	46,36	46,18	45,06

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

#### **6.1. Μη Καταστροφικές Μετρήσεις**

##### **6.1.1. Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Ανάπτυξης**

Το ύψος του κυρίως στελέχους για τα φυτά των μεταχειρίσεων S36%, IP34% και IP13% ήταν μεγαλύτερο από τον μάρτυρα από την 29<sup>η</sup> κιόλας ημέρα μετά την μεταφύτευση κι αυτή η αύξηση έβαινε αυξητικά ως την 134<sup>η</sup> μέρα, όπου μετά άρχισε να σταθεροποιείται η τιμή του ύψους. Η επιμήκυνση των στελεχών είναι μία τυπική αντίδραση των φυτών σε συνθήκες σκίασης. Σύμφωνα με αυτό βρίσκει και τους Abdel-Mawgoud et al. (1996) όπου εφάρμοσαν σκίαση 30% σε φυτά τομάτας. Καθώς επίσης και τους Lugassi-Ben-Hamo et al. (2009) σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Ισραήλ σε φυτά λυσιάνθου (*Eustoma grandiflorum*) υπό σκίαση με ποσοστό 67%. Επίσης οι Smith et al. (1984) κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα σε έρευνα σε φυτά τομάτας και αγγουριάς, όπως και οι El-Gizawy και El-Habbasha (1992) σε έρευνα σε φυτά τομάτας με ποσοστό σκίασης 35, 51 και 63%. Τέλος και οι Rylski and Spigelman (1986) κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα σε μελέτη για την επίδραση της σκίασης σε φυτά γλυκιάς πιπεριάς.

Στη συνέχεια μελετήθηκε ο αριθμός των φύλλων που δημιουργήθηκαν πάνω στο φυτό. Οι μέσοι όροι του αριθμού των φύλλων των φυτών που αναπτύσσονταν υπό σκίαση ήταν υψηλότεροι συγκριτικά με τον μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, ο αριθμός των φύλλων για το διχτυοκήπιο IP13% ήταν σχεδόν διπλάσιος από την μεταχείριση χωρίς σκίαση, ενώ στα διχτυοκήπια IP34% και S36% ο αριθμός των φύλλων ήταν σε κοντινό επίπεδο μεταξύ τους αλλά σε αρκετά υψηλότερο από τον μάρτυρα. Ο υψηλότερος αριθμός φύλλων οφείλεται στο γεγονός ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των φύλλων στα σκιαζόμενα φυτά ήταν υψηλότερος από τον ρυθμό ανάπτυξης των φύλλων στα ασκίαστα φυτά, λόγω της έμμεσης επαφής των φυτών με την ηλιακή ακτινοβολία. Τα σκιαζόμενα φυτά διατηρούνταν σε καλύτερη φυσιολογική κατάσταση από εκείνα που ήταν άμεσα εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα τον καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης. Στα ίδια αποτελέσματα κατέληξε σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι Smith et al. (1984) σε έρευνα σε φυτά τομάτας και αγγουριάς υπό σκίαση 15% και 40%, καθώς και οι Atherton και Rudich (1996) σε καλλιέργεια τομάτας.

### **6.1.2. Ανθιση**

Η χρήση των δίχτων σκίασης φαίνεται να επηρέασε και τον αριθμό των ανθέων. Στις μεταχειρίσεις IP13% και IP34% ο αριθμός αυτός αυξήθηκε ενώ για την μεταχείριση S36% μειώθηκε συγκριτικά με τον μάρτυρα. Με τη μείωση του αριθμού των ανθέων αυξανόμενου του ποσοστού σκίασης συμφωνούν οι El-Gizawy και El-Habbasha (1992) όπου κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε φυτά τομάτας με ποσοστό σκίασης 35, 51 και 63% και οι Quagliotti et al. (1974) σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε φυτά πιπεριάς.

### **6.1.3. Φυλλική Επιφάνεια**

Η φυλλική επιφάνεια των φυτών όλων των μεταχειρίσεων ήταν μεγαλύτερη από τα φυτά του μάρτυρα από την 30<sup>η</sup> μέρα μετά την μεταφύτευση. Η διαφοροποίηση όμως αυτή είναι πολύ έντονη από την 93<sup>η</sup> μέρα μετά την μεταφύτευση. Η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας αποτελεί τυπικό χαρακτηριστικό εγκλιματισμού των φυτών σε συνθήκες σκίασης. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε σκίαση 36% με πράσινο δίχτυ παρουσίαζαν την υψηλότερη φυλλική επιφάνεια από τις μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης 13% και 34% χρώματος λευκού. Όμως η φυλλική επιφάνεια των φυτών του IP13% δεν διέφερε σημαντικά με αυτή του S36%, όπως διέφερε με το IP34% και τον μάρτυρα. Η μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια των σκιασμένων φυτών οφειλόταν τόσο στον μεγαλύτερο αριθμό ικανών να συμμετάσχουν στη φωτοσύνθεση φύλλων που σχημάτισαν αυτά τα φυτά όσο και στην μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια ανά φύλλο των φυτών αυτών. Τα αποτελέσματα της φυλλικής επιφάνειας συμφωνούν μ' εκείνα της βιβλιογραφίας Abdel-Mawgoud et al. (1996) όπου εφάρμοσαν σκίαση 30% σε φυτά τομάτας, Smith et al. (1984) σε έρευνα σε φυτά τομάτας και αγγουριάς υπό σκίαση 15% και 40%, El-Gizawy και El-Habbasha (1992) σε φυτά τομάτας με ποσοστό σκίασης 35, 51 και 63%). Η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγαλύτερης επιφάνειας για διαπνοή, άρα και για μετατροπή της αισθητής θερμότητας σε λανθάνουσα.. Με αυτό τον τρόπο μπορούσαν τα σκιαζόμενα φυτά να διατηρήσουν καλύτερο ρυθμό διαπνοής, με αποτέλεσμα τα φυτά με μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια να ψύχονται περισσότερο κι επομένως να παρατηρείται θετική επίδραση στη φυσιολογική λειτουργία των φύλλων. Τα δίχτυα σκίασης αυξάνουν το ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας στο χώρο κάτω από αυτά



αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την αποτελεσματικότητα χρήσης της ακτινοβολίας από τα φυτά. Στην ουσία όμως το ύψος της ενέργειας της ακτινοβολίας που προσπίπτει στη φυλλική επιφάνεια του φυτού είναι ο παράγοντας εκείνος που καθορίζει την αύξηση του.

Τα φυτά για να μπορέσουν να φωτοσυνθέσουν χρειάζονται χλωροφύλλη. Οι Khandaker et al. (2009) διαπίστωσαν σε έρευνα ότι σε σκίαση με πράσινο χρώματος δίχτυ αυξήθηκε η ποσότητα της χλωροφύλλης στα φυτά αυτά. Στο S36% το δίχτυ είναι χρώματος πράσινο, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία στο εσωτερικό του είναι χαμηλότερη, ο αερισμός καλύτερος και η φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία (PAR) χαμηλότερη, σύμφωνα με αδημοσίευτο άρθρο της κ. Κάνδηλα, οπότε θα μπορούσε ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης να είναι καλύτερος. Επομένως ένας άλλος λόγος όπου το S36% παρουσιάζει υψηλότερη φυλλική επιφάνεια θα μπορούσε να είναι το χρώμα του δικτυού σκίασης, καθώς η σκίαση με πράσινο δίχτυ έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνει την απορρόφηση στο πράσινο χρώμα και να μειώνει την απορρόφηση στο κόκκινο.

## **6.2. Παραγωγή Καρπών**

Τα φυτά των μεταχειρίσεων με σκίαση παρουσίασαν υψηλότερη συνολική παραγωγή από τα ασκίαστα φυτά στο τέλος της περιόδου συγκομιδής. Στο δικτυοκήπιο IP13% η συνολική συγκομισθείσα παραγωγή αυξήθηκε κατά 81%, δηλαδή  $5,86 \text{ kg/m}^2$  έναντι του μάρτυρα με συνολική παραγωγή  $3,24 \text{ kg/m}^2$ . Στο δικτυοκήπιο IP34% αυξήθηκε κατά 37,3% ( $4,45 \text{ kg/m}^2$ ) και κατά 23,5% ( $4 \text{ kg/m}^2$ ) στο δικτυοκήπιο S36%. Αντιθέτως όμως ενώ σε όλα αυξήθηκε η συνολική παραγωγή έναντι του μάρτυρα δεν παρατηρήθηκε το ίδιο και στον αριθμό των καρπών. Ο αριθμός των καρπών αυξήθηκε μόνο στο IP13% κατά 39,5% ( $89,78 \text{ καρποί/m}^2$ ) ενώ στις μεταχειρίσεις IP34% και S36% ο αριθμός αυτός μειώθηκε κατά 12% ( $57,38 \text{ καρποί/m}^2$ ) και κατά 23,3% ( $52,2 \text{ καρποί/m}^2$ ) αντίστοιχα, έναντι του μάρτυρα ( $64,35 \text{ καρποί/m}^2$ ). Σύμφωνα με αυτό βρίσκει και τους Smith et al. (1984) όπου κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε φυτά τομάτας και αγγουριάς υπό σκίαση 15% και 40%, τους El-Gizawy και Mohamed (1992) σε πείραμα σε φυτά τομάτας υπό σκίαση 35%, 51% και 63%, καθώς επίσης και τους El-Aidy και El-Afry (1983) σε φυτά τομάτας υπό σκίαση 40%.

Διαπιστώνεται ότι από ένα ποσοστό ανθέων δεν προέκυψαν καρποί. Ενώ στο IP34% ο αριθμός των ανθέων αυξήθηκε συγκριτικά με τον μάρτυρα, ο συνολικός αριθμός των καρπών μειώθηκε. Είναι πιθανό η απόρριψη αυτή των αναπτυσσόμενων ανθέων να οφείλεται στην αδυναμία εφοδιασμού με τα προϊόντα αφομοίωσης, καθώς υπήρχε ανάπτυξη πολλών νέων οργάνων (φύλλα, άνθη, δευτερεύοντες βλαστοί) και τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης ήταν αναγκαίο να καταναλωθούν εκεί. Παράλληλα οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του διχτυοκηπίου IP34%, όπως η υψηλότερη σχετική υγρασία (αδημοσίευτο άρθρο της κ. Κάνδηλα) είναι πιθανό να οδήγησαν στην απόρριψη ορισμένου ποσοστού ανθέων. Η σκίαση είχε θετικά αποτελέσματα για την παραγωγή σε σχέση με τον μάρτυρα, παρότι ο αριθμός των καρπών μειώθηκε για τις μεταχειρίσεις IP34% και S36%, καθώς αυξήθηκε το μέσο βάρος καρπού με αποτέλεσμα να υπήρχε αυξημένη παραγωγή με λιγότερους όμως καρπούς. Το μεγαλύτερο μέσο βάρος καρπού παρουσιάστηκε στη μεταχείριση S36%, ακολουθεί το IP34% κι έπειτα το IP13%. Διαπιστώνεται ότι αυξανόμενης της σκίασης αυξάνεται το μέσο βάρος καρπού αλλά μειώνεται ο αριθμός των καρπών.

### ***6.2.1. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή της Παραγωγής***

Τα δίχτυα σκίασης προσέφεραν απόλυτη προστασία στους καρπούς από τα ηλιακά εγκαύματα δεδομένου ότι τα φυτά δεν ήταν σε άμεση επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία. Το ποσοστό των καρπών με ηλιακό έγκαυμα μειώθηκε στο 0% για τα S36% και IP34% και μόλις στο 1% για το IP13%. Το ποσοστό σκίασης είναι αρκετά μικρό στη μεταχείριση IP13% και γι' αυτό το λόγο παρατηρείται αυτό το ελάχιστο ποσοστό με ηλιόκαυμα στους καρπούς. Παράλληλα παρατηρήθηκε μείωση των καρπών με ξηρά κορυφή κατά 99% στα φυτά που αναπτύχθηκαν υπό σκίαση στις μεταχειρίσεις IP34% και IP13%, ενώ για την μεταχείριση S36% παρατηρήθηκε μείωση 100%. Οι El-Gizawy και Mohamed (1992) κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα σε πείραμα σε φυτά τομάτας υπό σκίαση 35%, 51% και 63%, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία. Η εξάλειψη του φαινομένου της ξηράς κορυφής στο διχτυοκήπιο S36% είναι πιθανό να οφείλεται στη μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του, καθώς αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την εμφάνισή του. Η αύξηση ελαφρώς της σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό των μεταχειρίσεων ήταν ένας από τους παράγοντες που επέδρασαν στον περιορισμό της εμφάνισης της ξηράς κορυφής.

### **6.2.2. Φυσικά Χαρακτηριστικά Καρπών**

Εκτός των άλλων η σκίαση επέδρασε θετικά και στο μέγεθος των καρπών. Οι μικροκλιματικοί παράγοντες στο εσωτερικό των διχτυοκηπίων είναι αυτοί που επιδρούν στην αύξηση του μεγέθους του καρπού, καθώς επηρεάζουν τον φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Στην μεταχείριση S36% παρατηρήθηκαν οι μεγαλύτεροι καρποί με το μεγαλύτερο μέσο βάρος ανά καρπό. Το μέγεθος των καρπών όμως στο IP13% ήταν μικρότερο από το S36% και από το IP34%, αυτό οφείλεται στον αυξημένο αριθμό καρπών ανά φυτό.. Παρατηρείται ότι η σκίαση επέδρασε θετικά στο μέγεθος των καρπών αυξανόμενης της σκίασης συγκριτικά με τα ασκίαστα φυτά. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι El-Gizawy και Mohamed (1992) κάτω από σκίαση 35% σε φυτά τομάτας.

### **6.3. Καταστροφικές μετρήσεις**

Η σκίαση είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του μήκους του στελέχους του φυτού για όλες τις μεταχειρίσεις. Στο διχτυοκήπιο S36% παρατηρείται μεγαλύτερη αύξηση του μήκους απ' ότι στα διχτυοκήπια IP34% και IP13%. Οι καλύτερες μικροκλιματικές συνθήκες, δηλαδή η χαμηλότερη θερμοκρασία στο εσωτερικό του και ο καλύτερος αερισμός, που επικρατούσαν στο S36% συγκριτικά με τ' άλλες δύο μεταχειρίσεις, είναι παράγοντες που επηρέασαν την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Φυσικά περιοριστικό παράγοντα αποτελεί κυρίως η ηλιακή ακτινοβολία, όπου στις μεταχειρίσεις υπό σκίαση η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία είναι μειωμένη απ' αυτή που δέχεται ο μάρτυρας, με άμεσο αποτέλεσμα τον περιορισμό της αύξησης. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τους Abdel-Mawgoud et al. (1996) όπου εφάρμοσαν σκίαση 30% σε φυτά τομάτας.

Η σκίαση ευνόησε την παραγωγή ξηράς ουσίας, κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο, καθώς τα φυτά που αναπτύσσονταν υπό σκίαση βρίσκονταν σε καλύτερη φυσιολογική κατάσταση από τα φυτά που αναπτύσσονταν χωρίς σκίαση. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και οι Sorrentino et al. (1996) σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία σε σκιαζόμενα και μη φυτά λίλιουμ κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα καθώς επίσης και οι Raveh et al. (2003) σε έρευνα σε νεαρά δέντρα *Murcott tangor*. Διαπιστώθηκε ότι το τόσο το χλωρό βάρος όσο και το ξηρό βάρος των βλαστών και των φύλλων ήταν υψηλότερα σε όλες τις μεταχειρίσεις έναντι του μάρτυρα. Πιο

συγκεκριμένα, στο IP13% παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη αύξηση, ακολούθησε το S36% και το IP34%. Η διαφοροποίηση αυτή μεταξύ των μεταχειρίσεων έγινε έντονη από τη 93<sup>η</sup> μέρα μετά τη μεταφύτευση και μέχρι το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Αντίθετα, τόσο το χλωρό βάρος όσο και το ξηρό βάρος των καρπών στα διχτυοκήπια S36% και το IP34% ήταν μικρότερα από τα φυτά χωρίς σκίαση, ενώ στο διχτυοκήπιο IP13% ήταν σχεδόν στα ίδια επίπεδα με τον μάρτυρα. Η μειωμένη εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία είχε ως αποτέλεσμα την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών κάτω από σκίαση και γι αυτό τόσο το χλωρό όσο και το ξηρό βάρος των βλαστών και των φύλλων αυξήθηκε για όλες τις μεταχειρίσεις. Είναι πιθανό τα προϊόντα της αυξημένης φωτοσύνθεσης στον μάρτυρα και στο IP13% συγκριτικά με τη φωτοσύνθεση στα IP34% και S36% (αδημοσίευτο άρθρο της κ. Κάνδηλα) , να χρησιμοποιήθηκαν από το φυτό για την παραγωγή καρπών και γι αυτό τον λόγο να παρατηρείται μεγαλύτερο ξηρό βάρος καρπών στον μάρτυρα και στο IP13%.

Το ποσοστό της ξηράς ουσίας των στελεχών αυξήθηκε κατά 2% στο S36%, μειώθηκε κατά 1% στο IP13% ενώ παρέμεινε το ίδιο για το IP34% (τα φύλλα κατείχαν το 42% της συνολικής ξηράς ουσίας). Το ποσοστό της ξηράς ουσίας των φύλλων αυξήθηκε για όλες τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση κατά 3%, 2% και 2% για τα IP34%, IP13% και S36% αντίστοιχα έναντι του μάρτυρα, όπου το ποσοστό της ξηράς ουσίας των φύλλων αποτελεί το 39% της συνολικής ξηράς ουσίας. Το ποσοστό της ξηράς ουσίας των καρπών για το IP13% και τον μάρτυρα ήταν το 16% της συνολικής ξηράς ουσίας, το ποσοστό όμως αυτό μειώθηκε κατά 2% και 3% για τα IP34% και S36% αντίστοιχα. Η μείωση αυτή του ποσοστού της συνολικής ξηράς ουσίας που κατανεμήθηκε στους καρπούς βρίσκει σύμφωνους στη βιβλιογραφία τους Smith et al. (1984) όπου κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε φυτά τομάτας και αγγουριάς υπό σκίαση 15% και 40% καθώς και τους Bakker et al. (1995) σε καλλιέργεια γλυκιάς πιπεριάς. Τα αποτελέσματα των καταστροφικών μετρήσεων δείχνουν την καλύτερη φυσιολογική λειτουργία των φυτών υπό σκίαση σε συνδυασμό με τη χαμηλότερης εντάσεως εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία και την αύξηση της φυλλικής επιφάνειας.

#### 6.4. Αποτελεσματικότητα Χρήσης Νερού και Ακτινοβολίας

Η σκίαση επέδρασε θετικά τόσο στον συντελεστή αποτελεσματικότητα χρήσης της ακτινοβολίας (A) όσο και στην αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (WUE). Υψηλότερος συντελεστής αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας παρατηρήθηκε στο διχτυοκήπιο IP34%, ακολούθησε το S36% κι έπειτα το IP13%. Είναι φυσικό ο χαμηλότερος συντελεστής αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας να παρατηρείται στον μάρτυρα, καθώς υπάρχει άμεση επαφή των φυτών με την ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα να επιδρά αρνητικά στη φυσιολογική κατάσταση του φυτού. Στο IP34% παρατηρήθηκε ο υψηλότερος συντελεστής αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας γιατί το ποσοστό της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ήταν χαμηλότερο από το S36%, παρότι το S36% έχει υψηλότερο ποσοστό σκίασης σύμφωνα με τον κατασκευαστή. Η αποτελεσματικότητα χρήσης ακτινοβολίας είναι αυξημένη κάτω από τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση καθώς κάτω από τα δίκτυα η διάχυτη ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη, γεγονός που επιτρέπει η ηλιακή ακτινοβολία να φτάνει στα χαμηλότερα επίπεδα της φυλλικής επιφάνειας. Επιπρόσθετα, άλλος ένας λόγος αύξησης του συντελεστή αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας είναι η μείωση της φωτοαπαγόρευσης που παρατηρείται κάτω από τα δίκτυα Medina et al. (2002).

Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (WUE) αυξήθηκε για όλες τις μεταχειρίσεις έναντι του μάρτυρα. Το διχτυοκήπιο IP34% παρουσίασε αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης νερού κατά 133,5%, το διχτυοκήπιο IP13% κατά 132,5% και το διχτυοκήπιο S36% κατά 126,9%. Το καλύτερο μικροκλίμα στο εσωτερικό των διχτυοκηπίων είχε ως αποτέλεσμα την πιο αποδοτική χρήση νερού, καθώς η φυσιολογική κατάσταση των φυτών ήταν καλύτερη από τα ασκίαστα φυτά που ήταν σε άμεση επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία. Σε αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης νερού κατέληξαν και οι Medina et al. (2002) σε έρευνα σε οπωρώνα εσπεριδοειδών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση δύο διχτύων εντομοστεγανότητας κι ενός διχτυού σκίασης στην αύξηση, ανάπτυξη και παραγωγή σε υπαίθρια καλλιέργεια πιπεριάς. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν συγκεκριμένοι όσο αφορά το βιολογικό μέρος της έρευνας. Παράλληλα έγινε μία προσπάθεια για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας χρήσης φωτός και νερού, με τη βοήθεια των παραγόντων της ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων στην παρούσα εργασία είναι:

1. Τα δίχτυα προσέφεραν προστασία της καλλιέργειας από τις υπερβολικά υψηλές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, εξασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο καλύτερες συνθήκες αύξησης και ανάπτυξης των φυτών. Η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία στο διχτυοκήπιο με σκίαση 34% ήταν η λιγότερη, ακολούθησε το διχτυοκήπιο με σκίαση 36% και τέλος το διχτυοκήπιο με σκίαση 13%.
2. Το μικρότερο έλλειμμα κορεσμού του αέρα παρατηρήθηκε στην καλλιέργεια υπό σκίαση εκτός από την περίπτωση 13% σκίασης, όπου ήταν μεγαλύτερο από τον μάρτυρα.
3. Η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία του αέρα στις μεταχειρίσεις υπό σκίαση. Μείωση της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε μόνο στο διχτυοκήπιο με σκίαση 36%.
4. Το ύψος των φυτών αυξήθηκε στις μεταχειρίσεις με σκίαση. Το ύψος των φυτών κάτω από σκίαση 36% σχεδόν διπλασιάστηκε συγκριτικά με τον μάρτυρα.
5. Ο αριθμός των φύλλων ήταν σχεδόν διπλάσιος για το δίχτυ εντομοστεγανότητας 13%, συγκριτικά με την καλλιέργεια χωρίς σκίαση. Όμως και στις άλλες μεταχειρίσεις ο αριθμός των φύλλων ήταν υψηλότερος.
6. Ο αριθμός των ανθέων μειώθηκε για σκίαση 36% ενώ αντίθετα για τα δίχτυα ενομοστεγανότητας με σκίαση 13% και 34%, ο αριθμός αυτός αυξήθηκε.
7. Ο συνολικός αριθμός των καρπών αυξήθηκε κατά 39,5% σε σκίαση 13% ενώ αντίθετα μειώθηκε κατά 12% και 23,3% σε σκίαση 34% και 36% αντίστοιχα.

8. Το χλωρό και το ξηρό βάρος των στελεχών και των φύλλων αυξήθηκε σε όλες τις μεταχειρίσεις. Η μεγαλύτερη αύξηση παρουσιάστηκε στο διχτυοκήπιο με σκίαση 13% και ακολούθησε το διχτυοκήπιο με σκίαση 36% και το διχτυοκήπιο με σκίαση 34%.
9. Η σκίαση είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της συνολικής ξηράς ουσίας σε όλες τις μεταχειρίσεις. Η ξηρά ουσία εναποτέθηκε αναλογικά σε μεγαλύτερο μέρος στα φύλλα και στους βλαστούς και σε λιγότερο στους καρπούς. Στη μεταχείριση με σκίαση 13% διαπιστώθηκε διπλάσια αύξηση της συνολικής ξηράς ουσίας συγκριτικά με τον μάρτυρα.
10. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας αυξήθηκε. Το διχτυοκήπιο με σκίαση 36% παρουσίασε υψηλότερη αύξηση και ακολούθησαν τα διχτυοκήπια με σκίαση 13% και 34%.
11. Η συνολική παραγωγή αυξήθηκε κατά 81% σε σκίαση 13%, κατά 37,3% σε σκίαση 34% και κατά 23,5% σε σκίαση 36%. Πιο συγκεκριμένα η παραγωγή αυξήθηκε από 3,24 kg/m<sup>2</sup> στον μάρτυρα σε 5,86, 4 και 4,45 kg/m<sup>2</sup> αντίστοιχα στις μεταχειρίσεις υπό σκίαση.
12. Η σκίαση επέδρασε θετικά στο μέγεθος και στο μέσο βάρος των καρπών αυξανόμενης της σκίασης αλλά μειώνεται ο αριθμός των καρπών.
13. Τα ηλιακά εγκαύματα στους καρπούς μειώθηκαν έως και 100% κάτω από σκίαση.
14. Μείωση της ξηρά κορυφής κατά 99% στους καρπούς που αναπτύχθηκαν κάτω από δίχτυ σκίασης.
15. Παρατηρήθηκε ελάττωση των προσβολών από θρίπα στους καρπούς.
16. Ο συντελεστής αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας αυξήθηκε για όλες τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση έναντι του μάρτυρα. Το διχτυοκήπιο με 34% σκίαση παρουσίασε τον υψηλότερο συντελεστή, ακολούθησε το διχτυοκήπιο με σκίαση 36% κι έπειτα το διχτυοκήπιο με 13% σκίαση.
17. Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού ήταν σχεδόν διπλάσια για όλες τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση έναντι του μάρτυρα. Το διχτυοκήπιο με 34% σκίαση παρουσίασε την υψηλότερη WUE, ακολούθησε το διχτυοκήπιο με σκίαση 13% κι έπειτα το διχτυοκήπιο με 36% σκίαση.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Abd, S.O., Singer, S.M., Abou-Hadid, A.F., Hsiao, T.C., 1996. Effect of shade on the growth and yield of tomato plants. *Acta Hort.* 434.
2. Aloni, B., Peet, M., Phart, M., Karni, L., 2001. The effect of high temperature and high atmospheric CO<sub>2</sub> on carbohydrate change in bell pepper (*Capsicum annuum*) pollen in relation to its germination. *Physiol. Plant.* 112, 505–512.
3. Atherton J.G. and Rudich J., 1996. The Tomato Corp: A scientific Basic for Improvement. Chapman and Hall, New York. Pp. 137-144, 146-147, 171, 175, 179, 202-205, 218-219.
4. Bakker J.C., Bot G.P.A., Chala H, and Van de Braak N.J., 1995. Greenhouse climate control. *Wagenigen Pers. Wagenigen*.
5. Barker, J.C., 1989. The effect of temperature on flowering, fruit set and fruit development of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Hort. Sci.* 64, 313–320.
6. Bazzar, F. Rogger W., Carlson, 1982, <<Photosynthetic Acclimation to Variability in the light environment of early and Late Succesional Plants>>, Springer. Berlin.
7. Benton Jones, J., Jr., 1999. Tomato plant culture. CRC Press. Boca, Raton, London, New York, Washington, D.C. pp. 18-19, 41, 43-44.
8. Cockshult, K.E., Graves, C.J., and C.R.J. Cave, 1992. Regulation The influence of shading on yield of glasshouse tomato.. *J. Hort. Sci.* 67, 11-24.
9. El-Gizawy A. M., and El-Habbasha K.M., 1992. Effects of different shading levels on tomato plants. 1. Growth, flowering and chemical composition. *Acta Horticulturae* 323. 341-347.
10. El-Gizawy A. M., and Mohamed S.S., 1992. Effects of different shading levels on tomato plants. 2. Yield and fruit quality. *Acta Horticulturae* 323. 349-354.
11. El-Aidy F. and El-Afry, M., 1983. Influence of shade on growth and yield of tomatoes cultivated during the summer season in Egypt. *Plasticulture* 47, 2-6.
12. Elazar (Zari) Gal. *Agriciculturae Department, Polysack*.



13. Erickson, A.N., Markhart, A.H., 2002. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. *Plant Cell Environ.* 25, 123–130.
14. G. Sorrentino et al., 1996. Effect of shading and air temperature on leaf photosynthesis, fluorescence and growth in lily plants. *Scientia Horticulturae* 69 (1997), 259-273.
15. Grinberger, A., Shomron, M., and Ganelevin, R., 2000. Shading nets testing. "Torah Va'aretz" Institute, Kfar Darom.
16. Heuvelink 1, E., 1995. Effect of plant density on biomass allocation to the fruits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Hort.* 64, 193-201.
17. Israeli V. et al., 1994. Effect of shade on banana morphology, growth and production, *Scientia Horticulture* 62 (1995) 45-46.
18. Jeon, H.J. and Chung, H.D., 1982. Effect of shade on the flowering yield and fruits composition of different red pepper, *Capsicum annum*.L., cultivars. *J. Korean. Soc. Hort. Sci.* 23(4):253-260.
19. Khandaker L. et al., 2009. Biomass yield and accumulations of bioactive compounds in red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) grown under different colored shade polyethylene in spring season. *Scientia Horticulturae* 123 (2010) 289–294
20. Kittas, C., Rigakis, N., Katsoulas, N., and Bartzanas, T., 2009. Influence of shading screens on microclimate, growth and productivity of tomato. *Acta Hort.* 807, 97-102.
21. Lugassi-Ben-Hamo M, et al., 2009. Effect of shade regime on flower development, yield and quality in lisianthus. *Scientia Horticulturae* 124 (2010), 248-253.
22. Medina L. C., et al., 2002, Photosynthesis response of citrus growth under reflective aluminized polypropylene shading nets. *Scientia Horticulturae* 96 (2002) 115-125.
23. Mohr and Schopfer P., 1995, <<Plant Physiology>> Springer-Verlag Berlin
24. Moller, M., and Assouline S., 2007. Effects of a shading screen on microclimate and crop water requirements. *Irrig. Sci.* 25, 171-181.
25. Munir, M., Jamil, M., Baloch, J., Khatkhat K.R., 2004. Impact of light intensity on flowering time and plant quality of *Antirrhinum majus* L. cultivar Chimes White. *J. Zhejiang Univ. Sci.* 5, 400-405.

26. Ogawa, K., Hatano-Jwasaki, A., Yanagida, M., Jwabuchi, M., 2004. Level of glutathione is regulated by ATP-dependent ligation of glutamate and cysteine through photosynthesis in *Arabidopsis thaliana*: mechanism of strong interaction of light intensity with flowering. *Plant Cell Physiol.* 45, 1-8.
27. Pagamas P. and Nawata E., 2008. Sensitive stages of fruit and seed development of chili peppers (*Capsicum annum L. var. Shishito*) exposed to high temperature stress. *Scientia Horticulturae* 117 (2008) 21-25.
28. Quagliotti, L., Lepori, G. and Bigotti, P.G. 1974. Responses to solar radiation by two varieties of peppers (*Capsicum annum L.*) *Korean J. Breeding* (6): 29-33.
29. Raveh, E., Cohen, S., Raz, T., Yakir, D., Grava, A., Goldschmidt, E.E., 2003. Increased growth of young citrus trees under reduced radiation load in a semi-arid climate. *Jour. Of Exper. Bot.* 54 381, 365-373.
30. Rylski, I. and Spigelman M., 1986. Effect of shading in plant development, yield and fruit quality of sweet pepper grown under condition of high temperature and radiation. *Scientia Horticulturae* 29 (1986) 31-35.
31. Rylski, J., 1986. Improvement of pepper fruits quality and timing of harvest by shading under high solar radiation condition. Symposium on protected cultivation of solanace in mild winter climates. Albufeira, Portugal 3-6, 1985, *Acta Horticulturae*, 191: 211-228
32. Santos, B., Rios, D., and Nazco, R., 2006. Climatic conditions in tomato screenhouses in Tenerife (Canary Islands). *Acta Hort.* 719, 215-221.
33. Smith I.E et al., (1984). Shading effects on greenhouse tomatoes and cucumbers. *Acta Horticulturae* 148. 491-500.
34. Tanny, J., Cohen, S., Grava, A., Naor, A., and Lukyanov, V., 2009a. The effect of shading screens on microclimate of apple orchards. *Acta Hort.* 807, 103-108.
35. Thomas B., 2006. Light signals and flowering. *J. Exp. Bot* 57, 3387-3393.
36. Zhang, J.Z., Shi, L., Shi, A.P., and Zhang, Q.X., 2004. Photosynthetic responses of four *Hosta* cultivars to shade treatments. *Photosynthetica*. 42, 213-218.
37. Βασιλακάκης Δ. Μ., 2006. Μετασυλλεκτική φυσιολογία, Μεταχείριση οπωροκηπευτικών και τεχνολογία, Διαιτητική αξία οπωροκηπευτικών. Εκδόσεις Άγιος Σάββας Δ. Γαρταγάνης.

38. Θανόπουλος Χ., Τεχνικές βιολογικής καλλιέργειας αρωματικών λαχανικών (Παρουσίαση). Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
39. Κυκριλής Β. Μ., 2008. Νέα υλικά κάλυψης θερμοκηπίων, Επίδραση στο κλίμα και στην παραγωγή Ιδιότητες των υλικών κάλυψης, Αξιοποίησή τους για μείωση εισροών (Παρπυσίαση), Πλαστικά Κρήτης Α.Β.Ε.Ε.
40. Λεϊμονή Ε., 2004. Θερμοκηπιακή καλλιέργεια πιπεριάς στο νομό Ηρακλείου (Πτυχιακή διατριβή). Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης.
41. Νικόλαου Χ., 2010. Μελέτη της επίδρασης ενός ανακλαστικού της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας υλικού κάλυψης των θερμοκηπίων στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου και στην παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας. (Πτυχιακή Διατριβή) Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
42. Ολύμπιος Χ. Μ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις: Σταμούλης, Αθήνα.
43. Παναγόπουλος Γ. Χ. , 2000. Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών. Δεύτερη Έκδοση. Εκδόσεις: Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.
44. Πάσσαμ Χ., 2008. Φυσιολογικές ασθένειες της τομάτας (Παρουσίαση). Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
45. Ρηγάκης Ν., 2003. Επίδραση σκίασης σε υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας. (Μεταπτυχιακή Διατριβή) Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
46. Σωτήρχος Χρ. Δ., 2010. Εκτίμηση δεικτών ηλιακής ακτινοβολίας σε αστικό περιβάλλον, (Διπλωματική εργασία.) Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
47. Τσέκος Β. Ι., 2004. Φυσιολογία φυτών. Εκδόσεις Αδελφών Κυριακίδη.
48. Τσελές Δ., Ευθυμιάδου Α. και Γκούλτα Μ., 2011. Η κάλυψη καλλιεργειών για υψηλή παραγωγή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες – Δικτυοκηπια.. Πρόγραμμα Γ.Γ.Ν.Γ. Επιστημονική Υποστήριξη Νέων Αγροτών, Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
49. Ψυλλινάκη Ε., 2009. Προσδιορισμός μηχανικών αντοχών και επιμήκυνσης από την επίδραση φορτίου σε πλαστικά φύλλα. (Πτυχιακή Εργασία) Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης.

### *Διαδίκτυο*

- 50. [hermesagriculture.gr/shading-nets.html](http://hermesagriculture.gr/shading-nets.html)
- 51. [http:// www.dnud.gr/gr/dep/bio/lab/morful/](http://www.dnud.gr/gr/dep/bio/lab/morful/)
- 52. [http:// www.organic-edunet.eu](http://www.organic-edunet.eu)
- 53. [solarenergy.gr/.../sun\\_effects\\_to\\_agriculture](http://solarenergy.gr/.../sun_effects_to_agriculture)
- 54. [www.fivatech.gr](http://www.fivatech.gr).
- 55. [www.hellagro.gr](http://www.hellagro.gr).
- 56. [www.karatzis.gr/index.php](http://www.karatzis.gr/index.php)
- 57. [www.plantprotection.hu/.../growth01\\_pap](http://www.plantprotection.hu/.../growth01_pap)